

**Die Aufnahme eines Zentrallagers in die Ver-
sandstruktur einer Industrieunternehmung als
betriebswirtschaftliches Entscheidungsproblem**

Dissertation
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaft
des Wirtschaftswissenschaftlichen Fachbereiches
der Justus Liebig-Universität in Gießen

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Herbert Lederle
aus Stein a.d. Traun

Gießen 1971

**Die Aufnahme eines Zentrallagers in die Ver-
sandstruktur einer Industrieunternehmung als
betriebswirtschaftliches Entscheidungsproblem**

Dissertation
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaft
des Wirtschaftswissenschaftlichen Fachbereiches
der Justus Liebig-Universität in Gießen

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Herbert Lederle
aus Stein a.d. Traun

Gießen 1971



Erstgutachter: Professor Dr. Dietger Hahn
Zweitgutachter: Professor Dr. Karl Alewell

Tag der mündlichen Prüfung: 30. Juni 1971

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
Einführung	1
1 Grundlagen und Abgrenzung der Untersuchung	3
11 Versandstruktur der Industrieunternehmung	3
111 Wesen und Bereich der Versandstruktur	3
112 Komponenten der Versandstruktur	7
113 Gestaltungsformen der Versandstruktur	11
114 Aufgaben der Versandstruktur	15
12 Versandstruktur mit Zentrallager	17
121 Wesen und Arten des Zentrallagers	17
122 Gestaltungsform der Versandstruktur mit Zentrallager	21
123 Aufgabenverteilung in der Versandstruktur mit Zentrallager	26
13 Aufnahme eines Zentrallagers als Entscheidungsproblem	27
131 Phasen und Charakterisierung des allgemeinen Entscheidungsprozesses	27
132 Phasen des Entscheidungsprozesses bei der Aufnahme eines Zentrallagers	30
2 Ziele und Nebenbedingungen bei der Wahl der Versandstruktur mit Zentrallager	34
21 Ziele	34
211 Sicherung und Erhöhung der Lieferbereitschaft	34
212 Senkung der Kosten	38
22 Nebenbedingungen	39
221 Umfang und Bedeutung der Nebenbedingungen	39
222 Erzeugnisabhängige Nebenbedingungen	40
222.1 Physikalisch-chemische Eigenschaften der Erzeugnisse	40
222.2 Verwandtschaft der Erzeugnisse hinsichtlich ihrer Eigenschaften	42
223 Nebenbedingungen aus dem Fertigungsbereich	43
223.1 Fertigungsstruktur	43
223.2 Fertigungsvollzug	44
224 Nebenbedingungen aus dem Abnehmerbereich	45
224.1 Abnehmerstruktur	45
224.2 Abnehmerverhalten	47
225 Sonstige Nebenbedingungen	49
3 Alternativen bei der Wahl der Versandstruktur mit Zentrallager	51

4	Beurteilung der Wirkungen der Aufnahme eines Zentrallagers auf die einzelnen Komponenten der Versandstruktur	54
41	Angewandte Methode	54
42	Wirkungen auf die Lager	57
421	Gründe für die Haltung von Lagern	57
422	Lagerbestand bei einem Lagerort	62
422.1	Grundbestand	62
422.2	Sicherheitsbestand	63
423	Lagerbestand bei mehreren Lagerorten auf einer Stufe	73
423.1	Grundbestand	73
423.2	Sicherheitsbestand	76
424	Lagerbestand bei mehreren Lagerstufen	82
424.1	Grundbestand	82
424.2	Sicherheitsbestand	85
43	Wirkungen auf die Transporte	88
431	Transportarten	88
432	Transportmengen	92
433	Transportentfernungen	97
44	Wirkungen auf die Lagermittel	110
441	Lagermittel des Reservebereichs	110
441.1	Lagermittelumfang	110
441.2	Lagermittelarten	114
442	Lagermittel des Kommissionierbereichs	119
442.1	Lagermittelumfang	119
442.2	Lagermittelarten	121
45	Wirkungen auf die Transportmittel	122
451	Eigene Transportmittel	122
451.1	Transportmittelarten	122
451.2	Transportmittel-Kapazitätsausnutzung	126
452	Fremde Transportmittel	128
46	Wirkungen auf die Kommunikation	130
461	Kommunikation zur Abwicklung der Warenbewegung	130
462	Kommunikation zur Auftragsübermittlung und Bestandsführung	132

	Seite
5 Beurteilung der Wirkungen der Aufnahme eines Zentrallagers unter simultaner Berücksichtigung aller Komponenten der Versandstruktur	135
51 Problemstellung	135
52 Beurteilung der quantifizierbaren Wirkungen	139
521 Verfügbare Methoden	139
522 Beurteilung mit Alternativmodellen	143
522.1 Gesamtmodell	143
522.2 Teilmodelle	146
523 Beurteilung mit Ermittlungsmodellen	149
523.1 Modellaufbau	149
523.2 Modellerstellung	153
524 Beurteilung mit Simulationsmodellen	157
524.1 Kennzeichnung der Simulation	157
524.11 Anwendungsbereich	157
524.12 Durchführung	160
524.2 Darstellung der Simulation anhand eines Beispiels	162
524.21 Beschreibung des Beispiels	162
524.22 Abbildung des Beispiels als Modell	166
524.221 Vorgenommene Verein-	
fachungen	166
524.222 Modell	168
524.222.1 Grundsätzlicher	
Aufbau und Ablauf	168
524.222.2 Erzeugung der exo-	
genen Variablen	172
524.222.3 Ermittlung der	
Kosten	175
524.23 Ermittlung der Daten für das Modell	183
53 Beurteilung der nicht quantifizierbaren Wirkungen	184
6 Entscheidung über die Aufnahme eines Zentrallagers	186
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	187
Zeitschriften-Abkürzungsverzeichnis	190
Literaturverzeichnis	191



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Einführung

Die vorliegende Arbeit untersucht eine spezielle Ausgestaltungsform der Versandstruktur einer Industrieunternehmung. Sie betrachtet die Probleme, die bei der Aufnahme eines Zentrallagers in die Versandstruktur entstehen.

Die Versandstruktur einer Industrieunternehmung stellt einen Teilbereich des Gebiets "Physical Distribution" (Verteilung rein körperlicher Art)¹⁾ dar.

Lager und Transporte bilden die Grundkomponenten der Versandstruktur. Darüber hinaus besteht diese noch aus den Zusatzkomponenten Lager-, Transportmittel und Kommunikation.

Die Aufnahme eines Zentrallagers beeinflusst in erster Linie die Komponente Lager. Gleichzeitig ergeben sich aber auch vielfältige Wirkungen auf die übrigen Komponenten der Versandstruktur. Es muß daher bei der Aufnahme eines Zentrallagers die gesamte Versandstruktur berücksichtigt werden.

Industrieunternehmungen schalten heute häufig moderne, als Zentrallager wirkende Hochlager in ihre Versandstruktur ein. Bei der Errichtung dieser Lager werden zum Teil die Wirkungen auf die übrigen Komponenten nicht berücksichtigt.²⁾ Dadurch werden mögliche, durch das Zentrallager gebotene Vorteile nicht voll ausgeschöpft.

1) Für dieses Gebiet hat sich noch kein einheitlicher deutscher Ausdruck durchgesetzt. Es wird daher vielfach mit der englischen Bezeichnung "Physical Distribution" charakterisiert. Vgl. Schäfer, E., Absatzwirtschaft, in: HdW, Bd. 1, Betriebswirtschaft, 2. Aufl., Köln und Opladen 1966, S. 288.

2) Auf dieses Problem wiesen mehrere Referenten auf der vom Verfasser besuchten Studententagung des Gottlieb-Duttweiler-Instituts für wirtschaftliche und soziale Studien, Zürich, über "Automation im Lagerhaus" am 6. und 7. November 1969 hin.

Wird ein Zentrallager in die Versandstruktur aufgenommen, so wirft das eine Vielzahl betriebswirtschaftlicher und technischer Probleme auf. Im Rahmen dieser Untersuchung sollen jedoch nur die sich bei der Aufnahme eines Zentrallagers ergebenden betriebswirtschaftlichen Probleme näher untersucht werden.

Für ein Unternehmen stellt die Aufnahme eines Zentrallagers ein Entscheidungsproblem dar. Die Untersuchung wird daher nach der Klärung der Grundlagen im wesentlichen nach dem Entscheidungsprozeß aufgebaut.

1 Grundlagen und Abgrenzung der Untersuchung

11 Versandstruktur der Industrieunternehmung

111 Wesen und Bereich der Versandstruktur

Eine Unternehmung kann als ein spezifischer Typ des Betriebes gesehen werden. Hierbei verstehen wir unter einem Betrieb eine Kombination von Produktionsfaktoren (Arbeitskräften, Betriebsmitteln, Werkstoffen und dispositivem Faktor) unter einheitlicher Leitung mit dem Zweck, Sachgüter und/oder Dienstleistungen zur Fremdbedarfsdeckung hervorzubringen unter Beachtung des Wirtschaftlichkeitsprinzips. Die Unternehmung wird zusätzlich gekennzeichnet durch weitgehend autonome Leitung und das Streben nach Gewinn.¹⁾

Eine Industrieunternehmung stellt einen Typ der Unternehmung dar und wird dadurch charakterisiert, daß bei ihr zwingend alle drei elementaren Produktionsfaktoren Arbeitskräfte, Betriebsmittel und Werkstoffe unter Einschaltung besonderer ingenieurtechnischer Prozesse kombiniert werden.

Im Versand einer Industrieunternehmung erfolgt die physische Verteilung von Sachgütern. Zum Versand gehören

Lager, Transporte, Lagermittel, Transportmittel und die zu deren Zusammenwirken benötigte Kommunikation

vom Ende der Fertigung bis zur Übergabe an den Abnehmer.

1) Vgl. Gutenberg, E., Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, 1. Bd., Die Produktion, 14. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York 1968, S. 493 ff.

Der Versand der Industrieunternehmung stellt einen Teilbereich des Absatzbereiches dar. In diesem "... werden die Beziehungen zwischen der Unternehmung und den effektiven und potentiellen Nachfragern nach Unternehmensleistungen geschaffen, aufrechterhalten und intensiviert."¹⁾ Der Versand dient dabei der eigentlichen Abwicklung der Leistungsabgabe.²⁾

Dem Versand in der Industrieunternehmung zeitlich vorgeschaltet ist die Fertigung. Hier findet eine Be- und Verarbeitung von Sachgütern statt, so daß diese eine Form- und/oder Substanzänderung erleiden. Sachgüter, die die Fertigung verlassen und in den Bereich des Versandes eintreten, bezeichnen wir mit Fertigfabrikaten.³⁾

Der Versand reicht bis zur Übergabe der Fertigfabrikate an den Abnehmer. Durch diese Übergabe verliert die Industrieunternehmung normalerweise das Eigentum an den Fertigfabrikaten.⁴⁾

1) Alewell, K., Organisation des Absatzes, in: Handwörterbuch der Organisation, Stuttgart 1969, Sp. 30.

2) Vgl. Alewell, K., ebenda, Sp. 31.

3) Industrieunternehmungen beziehen teilweise zur Abrundung ihres Sortiments auch Erzeugnisse von anderen Unternehmungen, die sie ohne Be- und Verarbeitung an Abnehmer weiterveräußern. Diese Handelswaren gehören, sobald sie einer Industrieunternehmung übergeben werden, ebenfalls zum Versand. In der folgenden Untersuchung wollen wir jedoch davon ausgehen, daß eine Industrieunternehmung mit dem Versand lediglich eigene Fertigfabrikate und keine Handelswaren verteilt.

Eine Industrieunternehmung kann für feste Kundenaufträge oder für den anonymen Markt fertigen. Wir wollen diese Untersuchung nur auf Industrieunternehmungen beschränken, die für den anonymen Markt produzieren, da hier dem Versand in der Regel größere Bedeutung zukommt.

4) Ausgenommen ist der Fall der Lieferung unter Eigentumsvorbehalt.

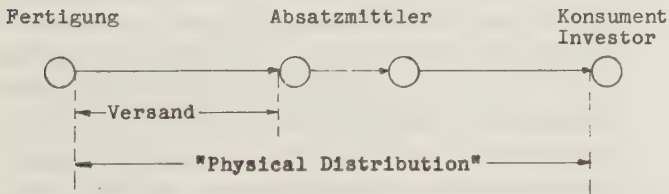
Der Abnehmer einer Industrieunternehmung kann entweder ein Konsument, Investor oder Absatzmittler sein.

Übergibt eine Industrieunternehmung ihre Fertigfabrikate direkt dem Konsumenten oder Investor, decken sich Versand und "Physical Distribution". Zu dieser gehören Lager, Transporte, Lager-, Transportmittel und Kommunikation vom Ende der Fertigung bis zur Übergabe an den Konsumenten oder Investor.¹⁾

Ist zwischen Industrieunternehmung und Konsument oder Investor noch ein Absatzmittler eingeschaltet, unterscheiden sich Versand und "Physical Distribution" in ihrer Reichweite. Dies verdeutlicht Abbildung 1.²⁾

Abb. 1

Reichweite von Versand und "Physical Distribution"
bei Einschaltung eines Absatzmittlers



-
- 1) Vgl. Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J., Physical Distribution Management, New York, London 1968, S. 4 ff.; Heskett, J. L., Ivie, R. M., Glaskowsky, N. A., Business Logistics, New York 1964, S. 21 ff.; Schäfer, E., Absatzwirtschaft, a. a. O., S. 288. Die amerikanische Literatur verwendet für "Physical Distribution" auch andere Bezeichnungen, z. B. business logistics, logistics of distribution; vgl. Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J., Physical Distribution Management, a. a. O., S. 5.
 - 2) Vgl. Wiese, H.-U., Die Struktur industrieller Versandlagersysteme unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit, Freiburg i. Br. 1968, S. 17.

Der Versand endet hier mit der Übergabe der Fertigfabrikate an den Absatzmittler, während die "Physical Distribution" bis zum Konsumenten oder Investor reicht.

Innerhalb des gesamten Absatzbereiches können wir je nach der Art der Beziehung verschiedene Absatzwege unterscheiden,¹⁾ und zwar z. B.

1. Marktforschungsweg
2. Werbeweg
3. Verkaufs- oder Handelsweg
4. Warenweg
5. Zahlungsweg
6. Serviceweg.

In jeden Weg können andere Organe eingeschaltet sein.

Der Versand umschließt nur den reinen Warenweg.²⁾

Er ist häufig eng verknüpft mit dem Verkaufs- oder Handelsweg. Dieser umfaßt alle Aktivitäten im Zusammenhang mit dem Abschluß des reinen Kaufvertrages. Beide Wege werden oft, da für beide häufig dieselben Organe eingeschaltet sind, als Einheit betrachtet. Zum Teil verlaufen beide Wege aber auch getrennt.³⁾

Wir wollen in dieser Untersuchung nur den Warenweg betrachten und die Einrichtungen und Tätigkeiten, die mit dem Kaufvertragsabschluß (dem Verpflichtungsgeschäft aus juristischer Sicht) zusammenhängen -

1) Vgl. Alewell, K., Organisation des Absatzes, a. a. O., Sp. 32 ff.

2) Dies gilt auch für die "Physical Distribution".

3) Zum Beispiel ist innerhalb des Gesamtbereichs der "Physical Distribution" ein Großhändler, wenn er lediglich sog. Streckengeschäfte betreibt, nur ein Glied des Verkaufs- oder Handelsweges, aber nicht des Warenweges.

wie sie z. B. Organe von Verkaufsstellen oder Handelsreisende ausüben, die Kaufverträge persönlich oder per Telefon abschließen - nicht berücksichtigen.¹⁾

Der Versand läßt sich anhand seiner einzelnen Komponenten, die durch gegenseitige Beziehungen verbunden sind, näher charakterisieren.

Da wir im Rahmen dieser Untersuchung besonders die Eigenschaften der Komponenten und das Beziehungsnetz bei einer speziellen Ausprägungsform näher untersuchen wollen, verwenden wir für unseren Untersuchungsgegenstand die Bezeichnung Versandstruktur.²⁾

112 Komponenten³⁾ der Versandstruktur

Grundkomponenten des Versandes sind Lager und Transporte.

Der Begriff des Lagers wird in der betriebswirtschaftlichen Literatur unterschiedlich gebraucht.⁴⁾

-
- 1) Die amerikanische Literatur kennt eine ähnliche Unterscheidung in: "Transaction Channel" und "Exchange Channel". Vgl. Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J., Physical Distribution Management, a. a. O., S. 43 ff.; Bowersox, D. J., Changing Channels in the Physical Distribution of Finished Goods, in: Readings in Physical Distribution Management, eds.: Bowersox, D. J., La Londe, B. J., Smykay, E. W., London 1969, S. 96 ff.
 - 2) Wir wollen jedoch in der folgenden Untersuchung die Versandstruktur nicht aus systemtheoretischer Sicht betrachten.
 - 3) Anstatt Komponenten könnten wir auch die Bezeichnung Elemente wählen. Da wir jedoch in dieser Untersuchung die Versandstruktur nicht aus systemtheoretischer Sicht betrachten, wollen wir den Begriff Element nicht benutzen.
 - 4) Vgl. Reichmann, T., Die Abstimmung von Produktion und Lager bei saisonalem Absatzverlauf, Köln und Opladen 1968, S. 19 f.; Kroeber Riel, W., Beschaffung und Lagerung, Wiesbaden 1966, S. 77 ff.; Göldner, J., Aufbauorganisation der industriellen Lagerwirtschaft, Berlin 1960, S. 25.

Erstens werden mit Lager mobile Sachgüter bezeichnet, die an eigens dafür vorgesehenen Plätzen ruhen. Zweitens versteht man unter Lager auch die Betriebsmittel, die zum Ruhen der Güter dienen. Drittens verwendet man den Begriff Lager auch für die Gesamtheit der Sachgüter, die an eigens dafür vorgesehenen Plätzen ruhen, und die Betriebsmittel, die zum Ruhen dieser Güter dienen.

Nach der Stellung des Lagers innerhalb des Transformationsprozesses in einer Industrieunternehmung wird zwischen Roh-, Hilfs- und Betriebsstofflagern, Zwischenfabrikatlagern und Fertigfabrikatlagern unterschieden.

Im Rahmen dieser Untersuchung interessieren lediglich Lager innerhalb des Versandes. Wir verstehen darunter mobile Sachgüter (Fertigfabrikate), die an eigens dafür vorgesehenen Plätzen ruhen.¹⁾

Ein Lager wird charakterisiert durch die Güterarten, die Gütermengen und den Ort, an dem sich die Güter befinden.

Sprechen wir von einer Güterart, verwenden wir den Ausdruck Lagergut. Wollen wir die Menge kennzeichnen, benutzen wir den Begriff Lagerbestand. Interessiert vor allem der Ort, gebrauchen wir den Begriff Lagerort.

Mit Lagern oder Lagerung bezeichnen wir die entsprechende Verrichtung oder Tätigkeit des Ruhens der Güter. Innerhalb des Versandes können Sachgüter, bevor sie an den Abnehmer übergeben werden, einmal oder mehrmals an verschiedenen Orten lagern.

1) Erfolgt im Lager ein Reifeprozess, wie er z. B. bei Bier oder Holz üblich ist, gehören solche Lager zur Fertigung und nicht zum Versand.

Die Beförderung von Sachgütern zwischen

Fertigung und Lager
verschiedenen Lagern oder
Lager und Abnehmer

die räumlich getrennt sind, bezeichnen wir hier mit
Transport.¹⁾

Innerhalb des Versandes erfolgen einerseits am Lager (an den Gütern) und beim Transport die reinen Verrichtungen des Lagerns und Transportierens.

Zum anderen fallen weitere Verrichtungen an,

bei der Verbindung von Lagern und Transporten, wie
einlagern (Bewegen des Gutes an den vorgesehenen Abstellplatz),
auslagern (Holen des Gutes vom Abstellplatz),
beladen und
entladen der Transportmittel;

am Lager, wie
umlagern (Bewegen des Lagergutes von einem Abstellplatz zu einem anderen),
sortieren,
umpacken,
verpacken,
übergeben an den Abnehmer (wenn dieser die Fertigfabrikate am Lagerort abholt);

auf dem Transport, wie
umladen (von einem Fahrzeug auf ein anderes).

1) Vgl. Illetschko, L. L., Innerbetrieblicher Transport und betriebliche Nachrichtenübermittlung, Stuttgart 1962, S. 14.

Alle diese zusätzlichen Verrichtungen an den Sachgütern wollen wir unter dem Begriff periphere Bewegungsvorgänge zusammenfassen.

Soweit diese am Lagerort stattfinden, gehören sie zu der Komponente Lager. Wenn sie am Transport erfolgen, rechnen wir sie zur Komponente Transport.

Die Grundkomponenten Lager und Transporte sind zum Teil substituierbar. Eine Unternehmung kann z. B., wenn sie Sachgüter dem Abnehmer rasch zur Verfügung stellen will, entweder Lager in seiner Nähe unterhalten oder aber die Ware durch schnelle Transporte zu ihm bringen.

Zu den beiden Grundkomponenten des Versandes, Lager und Transport, kommen noch Zusatzkomponenten.

Für die Lagerung werden immer Betriebsmittel und Arbeitskräfte benötigt; Grundstücke, Gebäude, Regale, auf denen die Sachgüter ruhen, und weitere Betriebsmittel und Arbeitskräfte für die peripheren Bewegungsvorgänge am Lager. Wir wollen diese Betriebsmittel und Arbeitskräfte, die Hilfsmittel für das Lager darstellen, als Lagermittel bezeichnen.

Ebenso sind für die Ausführung der Transporte und die peripheren Bewegungsvorgänge am Transport Arbeitskräfte und Betriebsmittel erforderlich. Diese bezeichnen wir als Transportmittel.

Das Zusammenwirken der Komponenten Lager, Transporte, Lagermittel, Transportmittel und die Verbindung zur Umwelt werden gesteuert durch Informationen. Diese bilden die Objekte der Kommunikation. Unter dem Begriff Kommunikation¹⁾ wollen wir in dieser Unter-

1) Vgl. zum Begriff Kommunikation Krug, H., Zur Anwendung mathematischer Programmierungsverfahren auf die Bestimmung wirtschaftlich optimaler Informationsvorgänge, Dissertation, Gießen 1969, S. 8 ff.; Kramer, R., Information und Kommunikation, Berlin 1965, S. 31 ff.

suchung sämtliche Informationsverbindungen - Informationsaufnahme, -übertragung, -verarbeitung, -abgabe sowie die dabei beteiligten Partner - verstehen. Die Kommunikation stellt eine weitere Komponente der Versandstruktur dar.

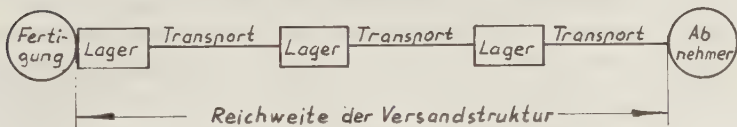
Die gesamte Versandstruktur setzt sich demnach zusammen aus den Grundkomponenten Lager, Transport und den Zusatzkomponenten, die vornehmlich als Hilfsmittel der Grundkomponenten dienen, Lagermittel, Transportmittel und Kommunikation.¹⁾

113 Gestaltungsformen der Versandstruktur

Wenn wir den Fluß eines Sachgutes durch die Versandstruktur betrachten, so sind die Grundkomponenten Lager und Transporte in der Regel mehrmals hintereinander geschaltet. Einen möglichen Weg eines Sachgutes durch die Versandstruktur zeigt folgendes Bild:

Abb. 2

Weg eines Sachgutes durch die Versandstruktur



Je nachdem, wie häufig ein Sachgut gelagert wird, können wir ein oder mehrere Lagerstufen unterscheiden.

1) Ähnliche Einteilung in Komponenten vgl. Magee, J. F., Physical Distribution Systems, New York, St. Louis, San Francisco, Toronto, London, Sydney 1967, S. 46 f.

Eine Versandstruktur, bestehend aus den Grundkomponenten Lager und Transporten, läßt sich abstrakt als ein Netz darstellen, in dem die Lager die Knoten und die Transporte die Verbindungen zwischen den Knoten bilden. Entsprechend der möglichen Zahl der Lagerstufen, sprechen wir von einer ein-, zwei- oder dreistufigen Versandstruktur.

Die Abbildung auf Seite 13 zeigt das Schema einer Versandstruktur einer Industrieunternehmung mit drei räumlich getrennten Fertigungsstätten. Die Lager sind durch Vierecke und die Transporte durch Striche gekennzeichnet. Die drei großen Kreise stellen die Werke und die kleinen Kreise die Abnehmer dar. Die gestrichelten kleinen Kreise sollen andeuten, daß die Abnehmer die Sachgüter auch am Lagerort abholen können.

In dieser Struktur schließen sich die Lagerorte der ersten Stufe räumlich direkt an die Fertigung an. Die Lagerorte der dritten Stufe sind im Absatzgebiet verteilt. Die Lager dieser Stufe dienen vor allem dazu, Fertigfabrikate für Kunden bereitzuhalten. Wir wollen sie mit Gebietslager bezeichnen. Alle Lager der zweiten Stufe haben vornehmlich die Aufgabe, Fertigfabrikate für die Gebietslager bereitzuhalten. Von ihnen aus werden jedoch auch Abnehmer direkt beliefert.

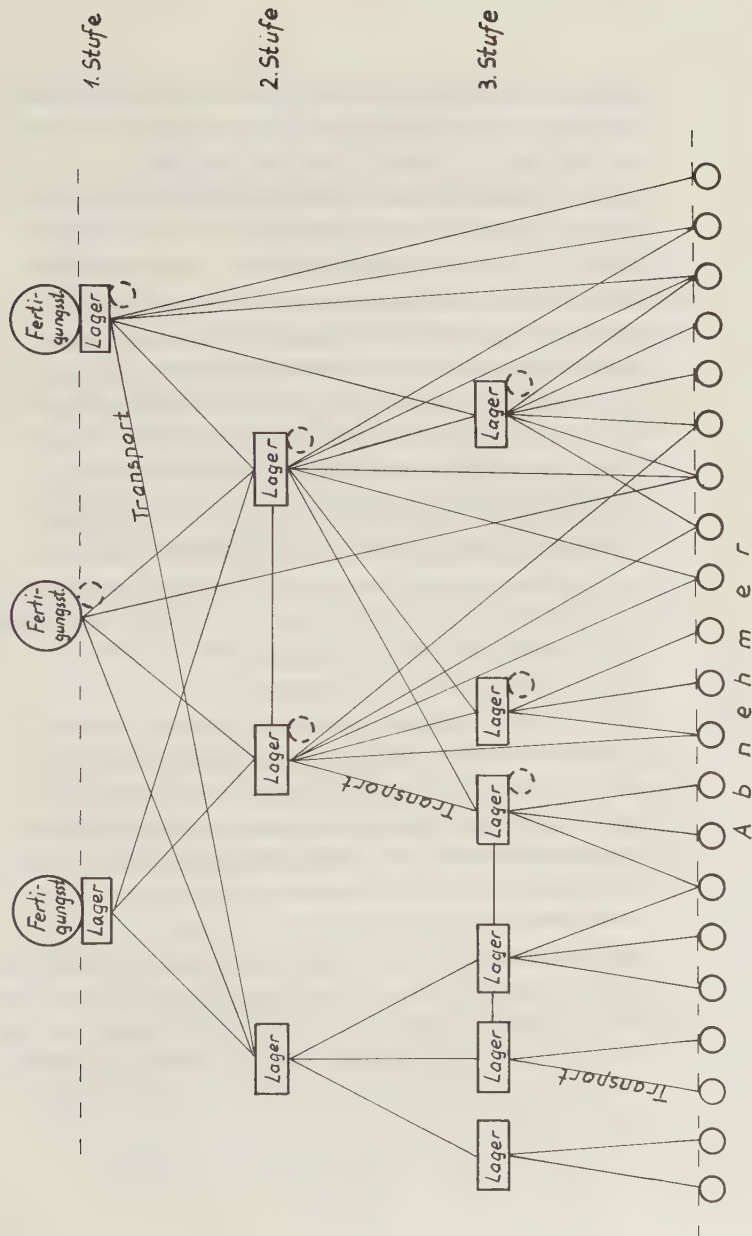
In der Versandstruktur in Abbildung 3 können die Sachgüter verschiedenartige Wege durchlaufen. Es ist möglich, daß sie

1. direkt vom Abnehmer von der Fertigung abgeholt¹⁾
2. ohne zu lagern vom Werk zum Abnehmer transportiert
3. einmal gelagert oder
4. mehrmals gelagert werden.

1) Bei diesem in der Wirklichkeit nur selten vorkommenden Grenzfall berührt das Sachgut die Versandstruktur nicht.

Abb. 3

Mögliche Gestaltungsform einer Versandstruktur



Bei Einschaltung von Lagern holen die Abnehmer die Fertigfabrikate entweder am Lagerort ab oder diese werden durch Transporte zu ihnen gebracht.

In der Versandstruktur sind außerdem Querverbindungen zwischen einzelnen Lagerorten auf einer Stufe möglich.

Neben diesen Grundkomponenten Lager und Transporte sind die Lagermittel, Transportmittel und Kommunikation unterschiedlich gestaltbar.

Im einzelnen Lager lassen sich die verschiedenartigsten Lagermittel mit unterschiedlichen Mechanisierungs- oder Automatisierungsstand einsetzen.

Für die einzelnen Transporte können verschiedene Arten von Transportmitteln herangezogen werden.

Die Industrieunternehmung kann für die Lager eigene Lagermittel verwenden, aber auch solche von fremden Dienstleistungsunternehmen, sog. Lagerhaltern, in Anspruch nehmen.

Ebenso besteht zum Teil die Alternative, für die Transporte eigene Transportmittel oder diejenigen von fremden Transportunternehmungen heranzuziehen.

Überdies ist auch die Kommunikation verschiedenartig gestaltbar. Zum Teil können auch dafür Fremdleistungen in Anspruch genommen werden (z. B. Dienstleistungen der Post).

Bei allen Komponenten der Versandstruktur lassen sich somit nach verschiedenen Merkmalen unterschiedliche Ausgestaltungsformen unterscheiden. Entsprechend der möglichen Ausprägungsformen dieser Merkmale kommen

in der Realität vielfältige Typen¹⁾ einer Versandstruktur vor.

114 Aufgaben der Versandstruktur

Die Versandstruktur erfüllt im wesentlichen eine Ausgleichs- und Umgruppierungsaufgabe.

Für eine Industrieunternehmung ist es nicht nur wichtig, technisch funktionsfähige Sachgüter zu fertigen, sie muß diese auch dem Abnehmer am richtigen Platz, im richtigen Zeitpunkt, in den richtigen Arten und Mengen bereitstellen. Durch die Fertigung entsteht in der Regel eine Werterhöhung. Eine weitere Wertsteigerung tritt durch die richtige Bereitstellung der Sachgüter ein. Diese ist Aufgabe der Versandstruktur. Bei dieser Aufgabe lassen sich vier Dimensionen sehen.²⁾

Zeitausgleich
Raumausgleich
Mengenumgruppierung und
Artumgruppierung.

Da die Nachfrage meist schwankt und die Unternehmen häufig in Losen fertigen, fallen Ende der Fertigung und Übergabe an den Abnehmer zeitlich auseinander. Es wird ein Zeitausgleich erforderlich, der im wesentlichen durch Lagerung überbrückt wird.

-
- 1) Vgl. zum Begriff Typ Castan, E., Typologie der Betriebe, Stuttgart 1963, S. 9 ff.; Tietz, B., Bildung und Verwendung von Typen in der Betriebswirtschaftslehre, dargelegt am Beispiel der Typologie der Messen und Ausstellungen, Köln und Opladen 1960, S. 18 ff., besonders S. 25.
 - 2) Diese Aufteilung erfolgte in Anlehnung an die Handelsfunktionen bei Buddeberg. Vgl. Buddeberg, H., Betriebswirtschaftslehre des Binnenhandels, Wiesbaden 1959, S. 28 ff.; vgl. auch Sundhoff, E., Absatzorganisation, Wiesbaden 1958, S. 55.

Fertigung und Übergabe an den Abnehmer sind in der Regel räumlich getrennt. Aus diesem Grunde ist ein Raumausgleich nötig, der durch Transporte durchgeführt wird. Da die Ware zwischen Fertigung und Übergabe an den Abnehmer in der Regel gelagert wird, wird der Weg der Ware und damit der Raumausgleich auch durch die Lager mit beeinflusst.

Industrieunternehmungen mit Massen- oder Großserienfertigung stellen große Mengen eines Erzeugnisses her. Der einzelne Abnehmer benötigt jedoch oft nur kleine Mengen. Innerhalb der Versandstruktur müssen daher die Sachgüter in kleine Mengen umgruppiert werden. Diese Umgruppierung erfolgt fast immer an den Lagerorten unter Heranziehung spezieller Lagermittel.

Die Industrieunternehmung fertigt meist die von ihr angebotenen Erzeugnisse an verschiedenen Fertigungsstätten oder in einer Fertigungsstätte zu verschiedenen Zeiten. Der Abnehmer bestellt jedoch vielfach mehrere Erzeugnisse des gesamten Sortiments. Es wird deshalb außerdem eine Artumgruppierung erforderlich, bei der jeweils das Sortiment für den einzelnen Abnehmer zusammengestellt wird. Diese Artumgruppierung wird ebenfalls meistens an den Lagerorten, zum Teil mit Hilfe spezieller Lagermittel, durchgeführt.

Gedanklich lassen sich diese vier Dimensionen der Versandstruktur leicht trennen. In der Realität hängen alle vier eng zusammen. Raumausgleich, Mengenausgleich und Artumgruppierung erfordern Zeit; Zeitausgleich, Mengenumgruppierung und Artumgruppierung benötigen Raum usw.

12 Versandstruktur mit Zentrallager

121 Wesen und Arten des Zentrallagers

Ein Zentrallager (ZL) läßt sich charakterisieren als eine örtliche Zusammenfassung von bestimmten Lagergütern, bei denen bewußt auf eine Lagerung an mehreren anderen geeigneten Orten ganz oder teilweise verzichtet wird.

Bei einem ZL handelt es sich um ein Lager, bei dem das Prinzip der Zentralisation - der Gegensatz dazu ist Dezentralisation - verwirklicht wird. "Die Begriffe Zentralisation und Dezentralisation leiten sich von der Vorstellung eines Mittelpunkts (Zentrum) ab. Zentralisation bedeutet ein Streben zum Mittelpunkt hin, Dezentralisation ein Streben vom Mittelpunkt fort."¹⁾

Zentralisation umfaßt stets ein Zentralisationsobjekt und einen Zentralisationspunkt.²⁾ Zentralisationsobjekt sind beim ZL die gelagerten Fertigfabrikate. Zentralisationspunkt stellt der einzelne Lagerort dar.

Um ein ZL zu charakterisieren, ist außerdem noch die Angabe des Zentralisationsgebiets erforderlich, d. h. des Gebiets, aus dem die Fertigfabrikate im ZL zusammengefaßt werden.

Bei einem ZL können wir verschiedene Typen unterschei-

-
- 1) Bleicher, K., Zentralisation und Dezentralisation von Aufgaben in der Organisation der Unternehmung, Berlin 1966, S. 33 f.
 - 2) Vgl. Bleicher, K., ebenda, S. 34; Kosiol, E., Organisation der Unternehmung, Wiesbaden 1962, S. 81.

den. Einerseits lassen sich nach

1. dem Zentralisationsobjekt und
2. dem Zentralisationsgebiet

Grundtypen eines ZL bilden.

Zu 1.: Wenn eine Industrieunternehmung viele verschiedenartige Fertigfabrikate absetzt, können im ZL alle angebotenen Erzeugnisse oder aber nur ein Teil der Erzeugnisse bzw. eine Erzeugnisart zentralisiert sein. Wir sprechen dann entweder von einem Mehrprodukt-ZL für alle bzw. einen Teil der Erzeugnisse oder einem Einprodukt-ZL.

Ein Mehrprodukt-ZL für alle Erzeugnisse liegt z. B. dann vor, wenn eine Industrieunternehmung, die verschiedene Kekssorten fertigt, alle diese Sorten im ZL zusammenfaßt. Richtet ein Automobilproduzent ein ZL lediglich für Ersatzteile ein, unterhält er ein Mehrprodukt-ZL für einen Teil der Erzeugnisse.

Zu 2.: In einem ZL lassen sich die Erzeugnisse (bzw. ein Erzeugnis) für das gesamte oder einen Teil des Absatzgebiets zusammenfassen. Wir verwenden dann die Bezeichnung Gesamtgebiets-ZL oder Teilgebiets-ZL (Regionallager).

Zum Beispiel liegt ein Gesamtgebiets-ZL vor, wenn eine Industrieunternehmung, die im gesamten Bundesgebiet ihre Fertigfabrikate absetzt, nur einen Lagerort zur Bedienung der Abnehmer unterhält. Dagegen besitzt sie mehrere Teilgebiets-ZL, wenn sie im Süden und Norden der Bundesrepublik eigene Lager hat, die das jeweilige Gebiet beliefern.

Die Funktionen eines ZL sind je nach der Ausgestaltungsform einer Versandstruktur zum Teil unterschied-

lich. Wir können daher außer den Grundtypen zusätzlich noch in Abhängigkeit von der Ausgestaltungsform einer Versandstruktur weitere Typen eines ZL unterscheiden.

Bei der einfachsten Form einer einstufigen Versandstruktur, bei der die Sachgüter auf dem Weg zum Abnehmer nur einmal gelagert werden, kommen lediglich die oben beschriebenen Grundtypen vor. Soweit bestehen keine Besonderheiten.

Anders ist es dagegen bei einer mehrstufigen Versandstruktur. Dort kann einerseits ein ZL in verschiedene Stufen eingeschaltet werden. Hier lassen sich daher in Abhängigkeit vom Zentralisationspunkt, je nachdem, auf welcher Stufe dieser liegt, zusätzlich verschiedene Typen bilden.

Bestanden bisher in einer ein- oder mehrstufigen Versandstruktur für das jeweilige Gebiet auf einer Stufe mehrere Lagerorte, können diese Lager durch das ZL ersetzt werden.¹⁾ Dadurch entsteht eine Zentralisation in horizontaler Richtung.

Bei einer mehrstufigen Versandstruktur ist überdies eine Zentralisation in vertikaler Richtung möglich. Das heißt, daß hier im ZL außerdem die Sachgüter aus den Lagerorten der vor- und nachgeschalteten Stufe zusammengefaßt werden können. Im allgemeinen wird man auf diese Lager der vor- und nachgeschalteten Stufe aus verschiedenartigen, meist absatzpolitischen Grün-

1) Wird ein ZL auf der Gebietslagerstufe eingeschaltet, wird es sich stets um ein Teilgebiets-ZL handeln.

den, z. B. weil sie zum Zeit- und Raumausgleich sowie zur Mengen- und Artumgruppierung benötigt werden, nicht ganz verzichten können. Sie bleiben deshalb in der Regel auch bei Zentralisation in vertikaler Richtung erhalten. Diese hat jedoch die Wirkung, daß in diesen Lagern nur noch geringe Bestände gehalten werden und der überwiegende Teil der Sachgüter am ZL zusammengefaßt wird. Bei dieser Zentralisation in vertikaler Richtung sind verschiedene Grade möglich. Entsprechend lassen sich wiederum verschiedene Typen eines ZL unterscheiden.

Die Zentralisation in horizontaler und vertikaler Richtung wollen wir in Form eines Beispiels an Abbildung 3¹⁾ nochmals verdeutlichen.

Wir nehmen an, in der zweiten Stufe soll ein ZL für alle Erzeugnisarten und für das gesamte Absatzgebiet eingeschaltet werden. Sämtliche Lager auf der zweiten Stufe werden dann durch das ZL ersetzt. Dies ist die Folge der Zentralisation in horizontaler Richtung.

Außerdem nehmen wir an, daß auch in vertikaler Richtung soviele Bestände wie möglich im ZL zusammengefaßt werden sollen. Die vorhandenen Lager der ersten Stufe im Anschluß an die Fertigung können nicht völlig aufgelöst werden, da stets eine gewisse Zeit vergeht, bis Transportmittel zum Abtransport der aus der Produktion kommenden Fertigfabrikate verfügbar sind. Ebenso werden die Gebietslager der dritten Stufe benötigt, um die Güter für Kunden bereit zu halten. Auch bei Zentralisation in vertikaler Richtung bleiben somit zwar die Lager der ersten und dritten Stufe bestehen. Sie hat jedoch zur Folge, daß in diesen Lagern kleinere Bestände gehalten werden.

1) Vgl. S. 13

122 Gestaltungsformen der Versandstruktur mit Zentrallager

Die bisherige Untersuchung hat gezeigt, daß eine Unternehmung einerseits vielfältig ausgestaltbare Typen einer ein- oder mehrstufigen Versandstruktur besitzen kann, zum anderen verschiedenartige Typen eines ZL in die Versandstruktur aufgenommen werden können.¹⁾

Es ist im Rahmen dieser Untersuchung unmöglich, die Probleme bei sämtlichen denkbaren ZL-Typen in allen entsprechenden in der Realität vorkommenden Versandstrukturen zu untersuchen. Wir müssen uns vielmehr beschränken und werden lediglich einen ZL-Typ in einer von uns ausgewählten Versandstruktur näher betrachten.

Dabei untersuchen wir einerseits einen besonders interessanten ZL-Typ, bei dem alle Erzeugnisse²⁾ (Mehrprodukt-ZL für alle Erzeugnisse) für das gesamte Absatzgebiet³⁾ (Gesamtgebiets-ZL) dort zusammengefaßt sind und außer einer Zentralisation in horizontaler auch eine in vertikaler Richtung vorliegt. Ein solches ZL wird sich stets im Anschluß an die Fertigung und nicht auf der Stufe der Ge-

-
- 1) Zum Teil ist der Typ eines ZL vom Typ der Versandstruktur abhängig.
 - 2) Schaltet eine Unternehmung lediglich ein Mehrprodukt-ZL für einen Teil der Erzeugnisse ein, verwendet sie im Grunde für jede Erzeugnisgruppe eine eigene Versandstruktur, die für sich zu gestalten ist.
 - 3) Will die Unternehmung lediglich ein Teilgebiets-ZL einrichten, treten für dieses teilweise dieselben Probleme auf, die bei Einschaltung eines Gesamtgebiets-ZL entstehen. Wir werden in der folgenden Untersuchung einer Versandstruktur mit Gesamtgebiets-ZL eine mit mehreren Teilgebiets-ZL gegenüberstellen und die Unterschiede aufzuzeigen versuchen. Vgl. dazu Typ Ia und IIa S. 51 ff.

bietslager¹⁾ befinden. (Das bedeutet jedoch nicht, daß dieses unbedingt räumlich mit einer Fertigungsstätte verbunden und nicht noch ein Lager zwischen Fertigung und ZL eingeschaltet sein kann.)

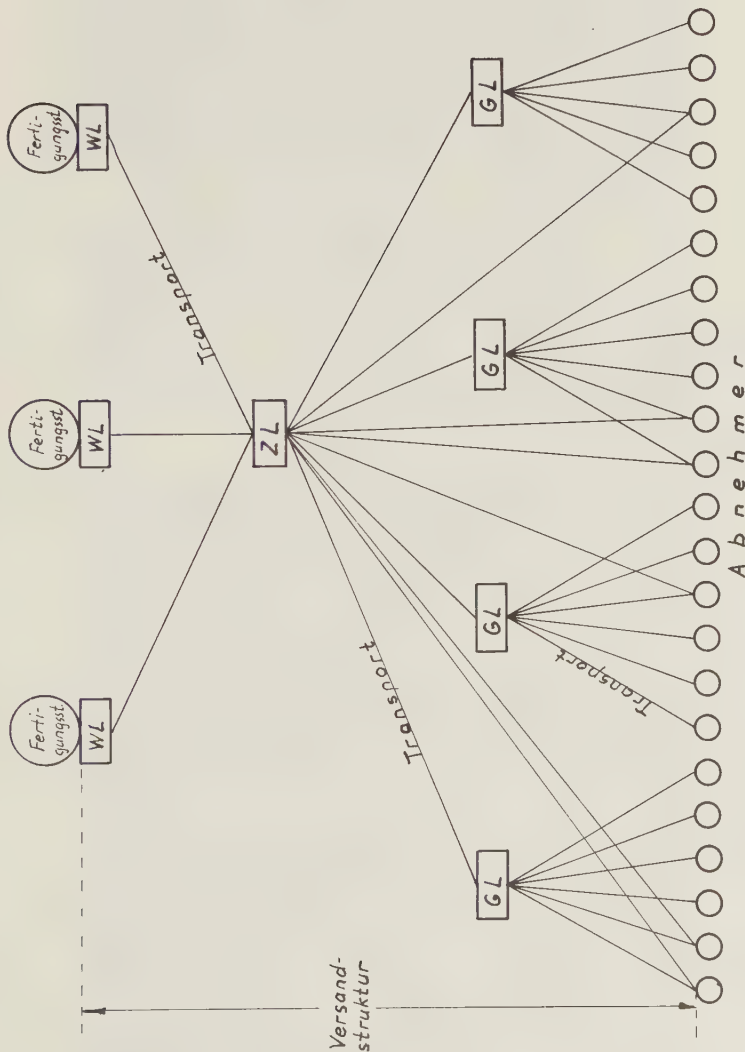
Andererseits wählen wir eine mehrstufige Versandstruktur, bei der von dieser eine umfangreiche Verteilung zu bewältigen ist, da sich hier im wesentlichen alle zu lösenden Probleme aufzeigen lassen. Diese Struktur werden wir für die weitere Untersuchung noch in zwei Typen aufteilen.

Der Umfang der zu bewältigenden Verteilung richtet sich stark nach der Zahl der Fertigungsstätten und der Abnehmer. Wir wollen deshalb für die folgende Untersuchung eine Versandstruktur einer Industrieunternehmung mit mehreren räumlich getrennten Fertigungsstätten und einer großen Zahl von Abnehmern zugrunde legen.

Abbildung 4 zeigt die untersuchte Versandstruktur. Diese weist drei Lagerstufen auf. Die erste Stufe besteht aus sich direkt räumlich an die Fertigung anschließende Lager. Wir wollen sie mit Werklager bezeichnen. Das ZL bildet die zweite Lagerstufe. Die dritte Stufe stellen räumlich im Absatzgebiet verteilte Gebietslager dar. Sie haben vornehmlich die Aufgabe, eine schnelle Belieferung der Abnehmer sicherzustellen.²⁾

-
- 1) Die Probleme bei der Einschaltung eines ZL auf der Gebietslagerstufe, bei dem es sich jeweils nur um ein Teilgebiets-ZL handeln kann, werden wir nicht betrachten. Das hier untersuchte ZL wirft bereits eine Vielzahl von Fragen auf. Für die Untersuchung der ebenfalls umfangreichen Probleme der Aufnahme eines ZL in der Gebietslagerstufe ist eine eigene Untersuchung erforderlich.
 - 2) Häufig sind sie räumlich verbunden mit einer Verkaufsstelle, die zum Verkaufs- oder Handelsweg gehört und hier nicht berücksichtigt wird.

Untersuchte Versandstruktur mit Zentrallager



Im ZL erfolgt auch eine Zentralisation in vertikaler Richtung, so daß die Lagerbestände in den Stufen eins und drei so klein wie möglich zu halten sind. Wir gehen im folgenden davon aus, daß in Stufe eins die Erzeugnisse nur so lange gelagert werden, bis eine ganze Wagenladung (Lastwagen- oder Eisenbahnwagenladung) zum Abtransport zusammengestellt ist. Die Lagerbestände der dritten Stufe sind höchstens so groß, um zwischen zwei Nachlieferungen aus dem ZL die Belieferung der Abnehmer sicherzustellen.

Wenn wir den Weg der Ware verfolgen, so gelangt diese nach Verlassen der Fertigung zuerst kurze Zeit in ein Werklager. Von hier aus wird sie zum ZL transportiert. Dort bleibt sie unter Umständen längere Zeit. Vom ZL aus wird sie dann entweder direkt oder unter Einschaltung eines Gebietslagers zum Abnehmer gebracht.

Die Möglichkeit, daß Abnehmer Sachgüter im ZL oder Gebietslager abholen, wollen wir ausschließen. Ein solches Abholen vereinfacht die Aufgabe der Versandstruktur einer Industrieunternehmung.

Wir wollen ferner davon ausgehen, daß keine Transporte vom Werklager zum Gebietslager oder Kunden durchgeführt werden, da dies die reine Form einer Versandstruktur mit ZL verfälschen würde.

Ebenso nehmen wir an, daß sich Gebietslager nicht gegenseitig beliefern.

Es ist bei dieser Grundstruktur möglich, daß der Standort des ZL mit demjenigen einer Fertigungsstätte zusammenfällt. In diesem Falle würde sich die zu bewältigende Aufgabe der Versandstruktur vereinfachen. Wir wollen daher diesen einfacheren Fall nicht betrachten.

Bei der eben beschriebenen Versandstruktur mit ZL handelt es sich um eine Kombination von zwei Ver-

sandstrukturtypen, die in Abbildung 5 und 6 auf dieser Seite dargestellt sind. Sie setzt sich einerseits aus einer Versandstruktur zusammen, bei der das ZL direkt an Kunden abgibt und einer zweiten Struktur, bei der die Ware vom ZL zum Gebietslager und erst von dort aus zum Kunden transportiert wird. Wir wollen bei den folgenden Untersuchungen auch auf diese beiden Strukturen zurückgreifen und sie mit Typ I und Typ II bezeichnen.

Abb. 5

Versandstruktur mit Zentrallager vom Typ I

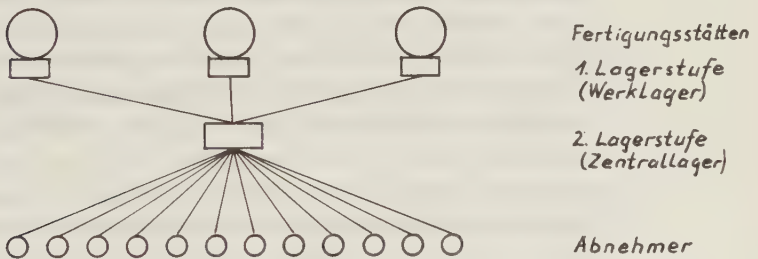
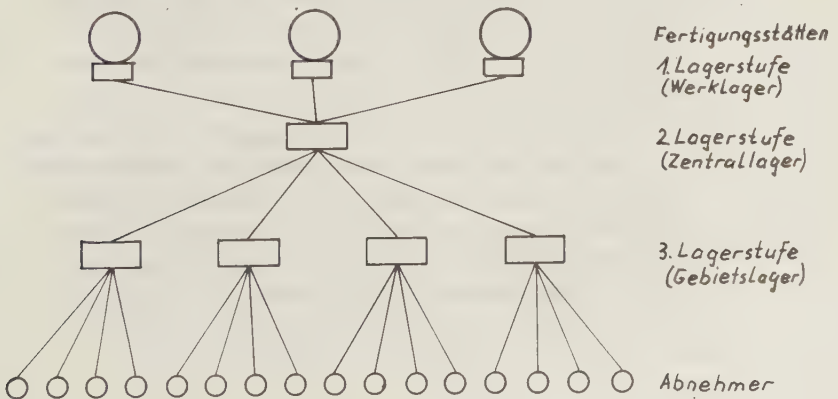


Abb. 6

Versandstruktur mit Zentrallager vom Typ II



123 Aufgabenverteilung in der Versandstruktur mit Zentrallager

Der Zeitausgleich findet bei Aufnahme eines ZL in die Versandstruktur überwiegend dort statt. Ein gewisser Zeitausgleich erfolgt außerdem auf den Transporten, in den Werks- und - soweit vorhanden - in den Gebietslagern.

Zum Raumausgleich dienen vornehmlich die Transporte. Er wird aber auch durch das ZL beeinflusst; da alle Waren über das ZL laufen, werden von ihm die Wege und damit die Transporte mitbestimmt. Zum Teil werden die Wege bei der Aufnahme eines ZL länger. Wenn z. B. ein Gebietslager seinen Standort in der Nähe einer Fertigungsstätte hat, gehen die Waren erst zum ZL und von hier aus zum Gebietslager, anstatt den direkten kürzeren Weg Fertigungsstätte - Gebietslager zu nehmen.

Der Mengenausgleich erfolgt im ZL und in den Gebietslagern. Wenn wir statt der Grundstruktur die beiden Typen I und II betrachten, geschieht im Typ I der Mengenausgleich ausschließlich im ZL. Beim Typ II wird ein Teil des Mengenausgleichs im ZL und ein Teil im Gebietslager vollzogen. Im ZL wird die Menge zusammengestellt, die für ein Gebietslager, also einen gewissen Teilbereich des gesamten Absatzgebiets, benötigt wird. Die weitere Aufteilung der Menge für den einzelnen Abnehmer findet dann im Gebietslager statt.

Der Artausgleich geschieht überwiegend im ZL, da hier die Waren aus allen Fertigungsstätten zusammengefaßt und hier das gesamte Sortiment bereitgehalten wird. Überdies erfolgt ein Teil des Artausgleichs auch in den Gebietslagern, wenn dort die Ware für den einzelnen Abnehmer zusammengestellt wird.

13 Aufnahme eines Zentrallagers als Entscheidungsproblem

131 Phasen und Charakterisierung des allgemeinen Entscheidungsprozesses

Die Aufnahme eines ZL stellt sich für eine Unternehmung als Entscheidungsproblem in der Form, ob eine Versandstruktur mit ZL oder eine andere Gestaltungsform gewählt wird. Entscheidungen sind Wahlakte zwischen alternativen Handlungsmöglichkeiten.¹⁾ Sie stellen einen Vorgang der Willensbildung dar. Wir finden Entscheidungen in allen Lebensbereichen. Wenn sie sich auf ökonomische Tatbestände beziehen und im Rahmen einer Unternehmung zu fällen sind, sprechen wir von betriebswirtschaftlichen Entscheidungen.

Jede Entscheidung läßt sich als Prozeß der Entwicklung der Willensbildung im Zeitverlauf auffassen, bei der wir mehrere Phasen unterscheiden können. In der betriebswirtschaftlichen Literatur²⁾ finden wir unterschiedliche Tiefengliederungen und verschiedene

1) Vgl. Hahn, D., Entscheidungsprozeß und Entscheidungstraining bei Anwendung der Fallmethode im betriebswirtschaftlichen Hochschulunterricht, in: ZfbF, 23. Jg. der ZfhF, N. F., 1971, S. 4; Heinen, E., Das Zielsystem der Unternehmung, Wiesbaden 1966, S. 18.

2) Vgl. Albach, H., Entscheidungsprozeß und Informationsfluß in der Unternehmensorganisation, in: Organisation, TFB-Handbuchreihe, 1. Bd., Hrsg.: E. Schnauffer und K. Agthe, Berlin, Baden-Baden 1961, S. 355 ff.; Bleicher, K., Zur Organisation von Entscheidungsprozessen, in: Zielprogramm und Entscheidungsprozeß in der Unternehmung, Schriften zur Unternehmensführung, Bd. 11, Hrsg.: H. Jacob, Wiesbaden 1970; Chmielewicz, K., Die Formalstruktur der Entscheidung, in: ZfB, 40. Jg., 1970, S. 239 ff.; Griem, H., Der Prozeß der Unternehmungsentscheidung bei unvollkommener Information, Berlin 1968; Hahn, D., Entscheidungsprozeß und Entscheidungstraining bei Anwendung der Fallmethode im betriebswirtschaftlichen Hochschulunterricht, a. a. O., S. 1; Hax, H., Die Koordination (Fortsetzung der Fußnote auf der nächste Seite.)

Abgrenzungen der einzelnen Phasen. In Anlehnung an Hahn können wir folgende 6 Stufen des Entscheidungs-, Realisations- und Kontrollprozesses unterscheiden:¹⁾

1. Problemstellungsphase
2. Suchphase
3. Beurteilungsphase
4. Entscheidungsphase
5. Realisationsphase
6. Kontrollphase.

Der Entscheidungsprozeß beginnt mit der Ermittlung der Entscheidungsaufgabe in der Problemstellungsphase. Zuerst ist die Ausgangssituation zu analysieren. Dann müssen die bei der jeweiligen Entscheidung zu berücksichtigenden Ziele ermittelt werden. Danach ist die Entscheidungsaufgabe unter Klärung und Festlegung der relevanten Ziele endgültig festzulegen.

In der Suchphase sind die alternativen Handlungsmöglichkeiten ausfindig zu machen. Für jede sind die Einflußfaktoren, d. h. im wesentlichen Zukunftsvor-

von Entscheidungen, Köln, Berlin, Bonn, München 1965; Heinen, E., Das Zielsystem der Unternehmung, a. a. O., S. 18 ff.; Kosiol, E., Organisation des Entscheidungsprozesses, Berlin 1959; ders., Entscheidung, Information und Prognose, in: Betriebswirtschaft und Marktpolitik, Festschrift für R. Seyffert zum 75. Geburtstag, Hrsg.: E. Kosiol und E. Sundhoff, Köln und Opladen 1968, S. 227 ff.; Witte, E., Analyse der Entscheidung - Organisatorische Probleme eines geistigen Prozesses, in: Organisation und Rechnungswesen, Festschrift für E. Kosiol, Hrsg.: E. Grochla, Berlin 1964, S. 101 ff.

- 1) Vgl. Hahn, D., Entscheidungsprozeß und Entscheidungstraining bei Anwendung der Fallmethode im betriebswirtschaftlichen Hochschulunterricht, a. a. O., S. 6 f.; vgl. auch Griem, H., Der Prozeß der Unternehmungsentscheidung bei unvollkommener Information, a. a. O., S. 57 ff.; Heinen, E., Das Zielsystem der Unternehmung, a. a. O., S. 20 ff.

stellungen über beeinflussende Gegebenheiten zu gewinnen.

Innerhalb der Beurteilungsphase sind die quantifizierbaren und nicht quantifizierbaren Wirkungen je Alternative im Hinblick auf die relevanten Ziele zu beurteilen.

Der eigentliche Wahlakt, d. h. die Auswahl der zu realisierenden Alternative, erfolgt in der Entscheidungsphase.

Durchsetzung und Kontrolle der Alternative sind dann Aufgabe der folgenden Realisations- und Kontrollphase.

Die im Verlauf des Entscheidungsprozesses zu erfüllenden Verrichtungen werden wesentlich beeinflusst durch die zu berücksichtigenden Ziele, darüber hinaus vorhandenen internen und externen Informationen und die an der Entscheidungsfindung beteiligten Personen.¹⁾

Die Entscheidungsfindung innerhalb des Entscheidungsprozesses muß zielgerichtet erfolgen. Besondere Probleme treten auf, wenn mehrere konkurrierende Ziele²⁾ bei der Entscheidung zu berücksichtigen sind.

Der Entscheidungsprozeß stellt einen Informationsverarbeitenden Vorgang dar. Seine Güte wird wesentlich von den verfügbaren Informationen beeinflusst. Sind nicht genügend Informationen vorhanden, wirft das für den Entscheidungsprozeß zusätzliche Probleme auf.

1) Sie werden auch Determinanten des Entscheidungsprozesses genannt. Vgl. Heinen, E., Das Zielsystem der Unternehmung, a. a. O., S. 23 ff.

2) Vgl. Heinen, E., ebenda, S. 89 ff.; Chmielewicz, K., Die Formalstruktur der Entscheidung, a. a. O., S. 239 ff.

Entscheidungen werden in Unternehmungen im allgemeinen nicht von einzelnen, sondern mehreren Personen gefällt. Dadurch entstehen zusätzliche Konflikte, da diese zum Teil unterschiedliche Ziele verfolgen.

Der ganze Prozeß läßt sich auch als Führungsprozeß auffassen, denn anhand der Stufen des Entscheidungsprozesses sind die Aufgaben der Unternehmensführung, wie Planung, Unternehmenspolitik und Kontrolle, aufzeigbar.

In der Abbildung 7 ¹⁾ sind die Aufgaben der Unternehmensführung und der Führungsprozeß dargestellt.

Überdies ist jeder Entscheidungsprozeß in der Regel sachlich und zeitlich verkettet mit weiteren vor-, nach- und parallelgeschalteten Entscheidungsprozessen.

132 Phasen des Entscheidungsprozesses bei der Aufnahme eines Zentrallagers

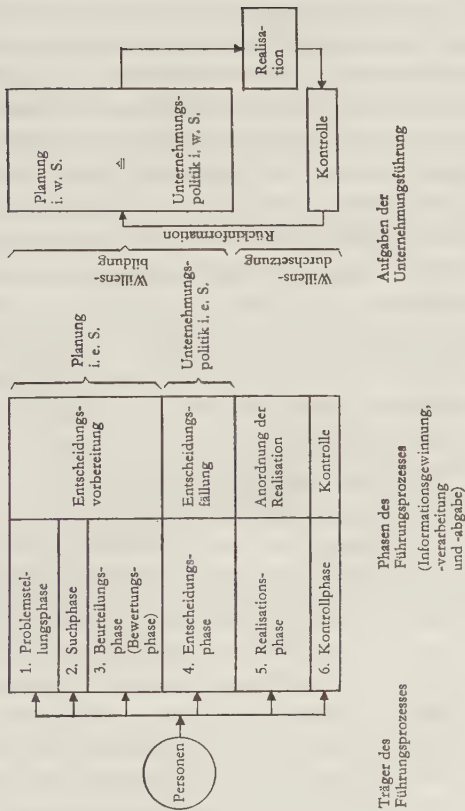
In der folgenden Untersuchung gehen wir nach dem Entscheidungsprozeß vor.

Wir zeigen dabei zuerst die Ziele und Nebenbedingungen auf, die bei Aufnahme eines ZL zu berücksichtigen sind.

Bei der Entscheidung über die Aufnahme eines ZL muß die Unternehmung wählen zwischen einer Versandstruktur mit ZL und anderen Gestaltungsformen. Wir behandeln daher im Anschluß an die Ziele und Nebenbedingungen alternative Versandstrukturen.

1) Abbildung entnommen aus Hahn, D., Entscheidungsprozeß und Entscheidungstraining bei Anwendung der Fallmethode im betriebswirtschaftlichen Hochschulunterricht, a. a. O., S. 10.

Aufgaben der Unternehmensführung und Führungsprozeß



Den Hauptteil der Untersuchung bildet die Beurteilung der Aufnahme eines ZL im Hinblick auf die Ziele. Hier trennen wir und untersuchen zuerst in weitgehend isolierender Betrachtung nacheinander die Wirkungen auf die einzelnen Komponenten der Versandstruktur. Hier vergleichen wir vor allem die Versandstruktur mit ZL mit alternativen Strukturen. Danach gehen wir auf die Wirkungen unter simultaner Berücksichtigung aller Komponenten der Versandstruktur ein. Hierbei prüfen wir insbesondere alle gegenwärtig verfügbaren quantitativen Methoden hinsichtlich ihrer Eignung für die Beurteilung.

Abschließend behandeln wir kurz den eigentlichen Entscheidungsakt.

Bei der Entscheidung über die Aufnahme eines ZL treten meist gleichzeitig Probleme über die Ausgestaltung der einzelnen Komponenten auf, wie

Standort der Lager

Ausgestaltung der Lagermittel

einzusetzende Transportmittel

Ausgestaltung der Kommunikationsstruktur.

Über die Ausgestaltung der einzelnen Komponenten wird man jedoch bei der Entscheidung über die Aufnahme eines ZL lediglich eine Grobauswahl treffen. Die eigentliche detaillierte Entscheidung wird in der Regel erst dann erfolgen, wenn feststeht, welche Versandstruktur man wählt. Wir wollen in dieser Arbeit in erster Linie die Entscheidung über die Aufnahme eines ZL untersuchen und werden daher die Ausgestaltung der Komponenten weitgehend als Nebenbedingung betrachten und sie nur soweit berücksichtigen, als die das eigentliche Untersuchungsobjekt, die Entscheidung über die Aufnahme eines ZL, wesentlich beeinflussen.

Wir nehmen für diese Untersuchung an, daß die Unternehmung für alle möglichen Standorte, Lager- und Transportmittel sowie die mögliche Ausgestaltung der Kommunikation die Konsequenzen im Hinblick auf die Ziele kennt. Sie weiß daher, wenn sie sich für eine gewisse Versandstruktur entscheidet, welcher Standort, welche Lager- und Transportmittel bzw. Kommunikation zu wählen sind und welche Kosten dabei entstehen.

Ferner wollen wir, damit die Untersuchung nicht zu umfangreich wird, unterstellen, daß sämtliche sonstigen benötigten Informationen - mit Ausnahme der Daten über die künftigen Absatzmengen - zur Verfügung stehen, so daß Fragen, die im Zusammenhang mit unvollkommenen Informationen - außer bei der eben angeführten Ausnahme - auftreten, unberücksichtigt bleiben.

Ebenso wollen wir Probleme, die dadurch entstehen, daß mehrere Personen bei der Entscheidung über die Aufnahme eines ZL beteiligt sind, ausklammern; z. B. können Fertigung und Verkauf hier unterschiedliche Interessen verfolgen.

Wir werden ferner Fragen der organisatorischen Unterstellung des ZL und der Versandstruktur¹⁾ nicht behandeln.

1) Vgl. z. B. zu diesem Problem Bowersox, D. J., Emerging Patterns of Physical Distribution Organisation, in: Readings in Physical Distribution Management, eds.: Bowersox, D. J., La Londe, B. J., Smykay, E. W., a. a. O., S. 275 ff.; Stolle, J. F., How to Manage Physical Distribution, in: HBR, July-August, 1967, S. 93 ff.

2 Ziele und Nebenbedingungen bei der Wahl der Versandstruktur mit Zentrallager

21 Ziele

211 Sicherung und Erhöhung der Lieferbereitschaft

Ein Ziel der Versandstruktur besteht in der richtigen Bereitstellung der Fertigfabrikate für Abnehmer. Dieses Ziel läßt sich - wie wir gesehen haben - gedanklich in vier Dimensionen (Zeit-, Raum-, Art- und Mengenausgleich) aufteilen. Diese vier Dimensionen sind eng verbunden und daher schwer in Meßgrößen faßbar.

Wir wollen daher versuchen, dieses Ziel etwas anders auszudrücken, und zwar durch die Leistungsfähigkeit der Versandstruktur vom Standpunkt des Abnehmers aus gesehen und bezeichnen diese mit Lieferbereitschaft.

Sie spiegelt die Fähigkeit wider, einen Auftrag nach Fertigstellung zuverlässig und schnell auszuführen. Um die Lieferbereitschaft nahezu eindeutig festzulegen, sind zwei Größen erforderlich, der Verfügbarkeitsgrad (Servicegrad) und die Lieferzeit.

Durch den Verfügbarkeitsgrad (Servicegrad) wird ausgedrückt, welcher Anteil der Nachfrage jeweils sofort befriedigt werden kann. Der Verfügbarkeitsgrad läßt sich durch verschiedene Kennzahlen messen,¹⁾ z. B. Volumen oder Anteil der wertmäßigen Nachfrage, die sofort mit den vorrätigen Beständen auslieferbar ist; Zahl der Aufträge oder Kunden, die sofort mit den verfügbaren Beständen beliefert werden können; Wahrscheinlichkeit, mit der die bei Absatzschwankungen zu erwartende wertmäßige Nachfrage pro Periode gedeckt

1) Vgl. Magee, J. F., Boodman, D. M., Production Planning and Inventory Control, second ed., New York, St. Louis, San Francisco, Toronto, London, Sydney 1967, S. 122 ff.; Magee, J. F., Physical Distribution Systems, a. a. O., S. 55.

werden kann. Die einzelnen Kennzahlen führen zum Teil zu etwas unterschiedlichen Aussagen.

Wir wollen im folgenden den Verfügbarkeitsgrad angeben durch die Wahrscheinlichkeit, mit der die bei Absatzschwankungen zu erwartende wertmäßige Nachfrage pro Periode gedeckt werden kann. Bei der Wahl dieser Kennzahl läßt sich der Zusammenhang zwischen Verfügbarkeitsgrad und Sicherheitsbestand verhältnismäßig einfach aufzeigen.¹⁾

Ein Verfügbarkeitsgrad von 50 % sagt dann aus, daß in fünf von zehn Perioden die Nachfrage voll gedeckt werden kann. Bei einem Verfügbarkeitsgrad von 90 % wird in neun von zehn Perioden die Nachfrage voll befriedigt.

Der Verfügbarkeitsgrad kann angegeben werden einerseits für eine Erzeugnisart, eine Gruppe von Erzeugnissen oder alle Erzeugnisse, zum anderen für ein Lager, eine Lagerstufe oder die gesamte Versandstruktur.

Beim Verfügbarkeitsgrad handelt es sich in erster Linie um eine Meßgröße für die Leistungsfähigkeit der Lager innerhalb der Versandstruktur. Allgemein gilt, je höher der angestrebte Verfügbarkeitsgrad ist, desto größer müssen die Bestände sein.

Bei einer Fertigung für den anonymen Markt, die wir hier betrachten, sollte eigentlich jegliche Nachfrage aus den Beständen innerhalb der Versandstruktur gedeckt werden können. Dies gilt, solange nicht die zusätzlichen Lagerkosten den zuvor entgangenen Gewinn übersteigen. Das bedeutet, daß für alle Erzeugnisse der Verfügbarkeitsgrad der Versandstruktur annähernd hundert Prozent betragen muß. Wird ein ZL in die Versandstruktur aufgenommen, dient es als Hauptlager und Sammelpunkt für alle Erzeugnisse; d. h., daß hier der Verfügbarkeitsgrad für alle Erzeugnisse möglichst hundert Prozent erreichen sollte.

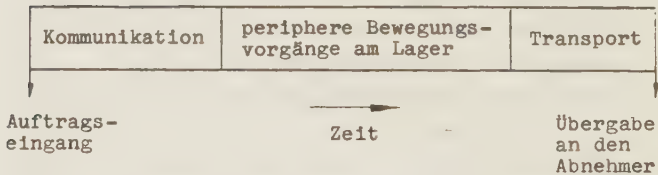
1) Vgl. dazu auch S. 64 ff.

In den Gebietslagern dagegen wird man sich, um bei schwankender Nachfrage nicht zu hohe Bestände halten zu müssen, mit niedrigerem Verfügbarkeitsgrad begnügen und in Kauf nehmen, daß ein gewisser Anteil der Aufträge nicht sofort von hier aus ausgeführt werden kann und erst Ware aus dem ZL nachgeliefert werden muß.

Die Lieferzeit gibt den Zeitraum an, der vergeht vom Auftragseingang bis zur Übergabe an den Abnehmer. Sie setzt sich zusammen - wie Abbildung 8 zeigt - aus der Zeit für Kommunikation, periphere Bewegungsvorgänge am Lager und Transport.

Abb. 8

Komponenten der Lieferzeit



Ist ein Erzeugnis in der Versandstruktur nicht vorrätig, kommt dazu noch die Wartezeit, die verstreicht, bis die Ware wieder aus der Fertigung in die Versandstruktur nachgeliefert wird. Diesen Fall wollen wir in den folgenden Betrachtungen ausschließen und annehmen, daß alle Güter in der Versandstruktur verfügbar sind.

Es bestehen zwei Arten von Lieferzeiten, eine für im Gebietslager vorhandene und eine für nur im ZL verfügbare Waren.

Die Lieferzeiten werden einerseits im allgemeinen von Kunde zu Kunde je nach seinem Standort, zum anderen in der Regel beim einzelnen Kunden im Zeitverlauf schwanken. Außerdem können sie auch bei verschiedenen Erzeugnisgruppen aufgrund unterschiedlicher peripherer Bewegungsvorgänge am Lager und unterschiedlicher Zeiten für den Transport variieren.

Das Unternehmen wird im allgemeinen seine Leistungsfähigkeit mit durchschnittlichen Lieferzeiten für verschiedene Kundengruppen messen.

Die durchschnittlichen Lieferzeiten sind vornehmlich eine Meßgröße für die Schnelligkeit der Kommunikation, der Leistungsfähigkeit der peripheren Bewegungsvorgänge an den Lagerorten und der Schnelligkeit der Transporte.

Für eine Industrieunternehmung kann die Lieferfähigkeit, ausgedrückt durch Verfügbarkeitsgrade und Lieferzeiten, ein aktives absatzpolitisches Instrument, ähnlich wie z. B. Preispolitik und Werbung, bilden.¹⁾ Eine Unternehmung wird daher im allgemeinen das Bestreben haben, die Lieferbereitschaft zu erhöhen.

Die Lieferbereitschaft läßt sich verbessern durch erhöhte Lagerbestände, durch schnellere Informations-

1) Vgl. z. B. Bowersox, D. J., Distribution Logistics: The Forgotten Marketing Tool, in: Readings in Physical Distribution Management, eds.: Bowersox, D. J., La Londe, B. J., Smykay, E. W., a. a. O., S. 69 ff.; Engels, W., Lieferzeit und Lieferzeitpolitik, in: ZfB, 39. Jg., 1969, S. 35 ff.

verarbeitung, raschere Zusammenstellung der Ware und kürzere Transportzeiten, ferner dadurch, daß man die Lager näher an die Kunden heranrückt, das bedeutet, im gesamten Absatzgebiet mehr Lager unterhält. Fast alle diese Maßnahmen erhöhen die Kosten, z. B. die Kosten für Kapitalbindung, Transporte usw.

212 Senkung der Kosten

Zu den Zielen der Unternehmung gehört das Streben nach Gewinn. Dieses Ziel kann formuliert sein als absoluter oder relativer Gewinn, in begrenzter oder unbegrenzter Höhe.

Der Gewinn läßt sich vornehmlich durch zwei Maßnahmen beeinflussen, durch Erhöhen der Erlöse und Senken der Kosten. Beide fungieren als Unterziele¹⁾ des Zieles Gewinnstreben.

In der Versandstruktur entstehen Kosten für Lager, Transporte, Lagermittel, Transportmittel und Kommunikation. Diese fallen in Form unterschiedlicher Kostenarten, z. B. als Lohn- und Fremdleistungskosten, als fixe oder variable Kosten, an.

Um das Ziel Gewinnstreben zu realisieren, muß die Unternehmung bestrebt sein, die Kosten der Versandstruktur möglichst niedrig zu halten. Senkung der Kosten ist somit das zweite Ziel der Versandstruktur.

Die Ziele der Versandstruktur sind somit einerseits Erhöhung der Lieferbereitschaft, andererseits Senkung der Kosten. Erhöhung der Lieferbereitschaft führt jedoch häufig zu höheren Kosten, und Senkung der Kosten vermindert die Lieferbereitschaft, z. B. durch

1) Zu Fragen der Unterziele vgl. Heinen, E., Das Ziel-system der Unternehmung, a. a. O., S. 102 ff.

Heranziehung langsamer und billigerer Transportmittel, Verminderung der Bestände in den Gebietslagern. Beide sind weitgehend konkurrierende Ziele. Die Erfüllung des einen Ziels führt teilweise zu einer Minderung des Erfüllungsgrades des anderen.¹⁾

Wie stark die Konkurrenzbeziehung zwischen beiden ist, hängt von den Gegebenheiten des Einzelfalles ab.

Diese Konfliktsituation zwischen Lieferbereitschaft und Kosten gilt vor allem für eine konstante Versandstruktur. Durch Änderung der Versandstruktur ist es teilweise möglich, beide Ziele gleichzeitig zu verbessern.

22 Nebenbedingungen

221 Umfang und Bedeutung der Nebenbedingungen

Außer den Zielen sind bei der Gestaltung der Versandstruktur noch vielfältige Nebenbedingungen²⁾ zu berücksichtigen. Diese entstehen hauptsächlich aufgrund der jeweiligen Gegebenheiten. Sie ergeben sich aus den speziellen Verhältnissen in der Unternehmung, am Markt sowie aus dem gesellschaftspolitischen Bereich.

Eine vollständige Aufzählung sämtlicher möglicher Nebenbedingungen ist nahezu unmöglich. Es sollen deshalb hier nur die wichtigsten genannt werden.

-
- 1) Zu den Beziehungen zwischen Zielen vgl. Heinen, E., a. a. O., S. 94 ff.
 - 2) Vgl. Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J., Physical Distribution Management, a. a. O., S. 111 ff.; Mann, G., Die Wahl des inländischen Absatzweges in der Verbrauchsgüterindustrie, Diss., Mannheim 1959, S. 64 ff.; Wiese, H.-U., a. a. O., S. 95 ff.

Welche Bedeutung der einzelnen Nebenbedingung zukommt, richtet sich ebenfalls weitgehend nach den jeweiligen Gegebenheiten. Teils bilden sie eine feste Schranke für die Gestaltung der Versandstruktur (z. B. gesetzliche Bestimmungen), teils können sie durch eigene politische Maßnahmen gestaltet werden (z. B. läßt sich das Verhalten der Abnehmer durch eigene absatzpolitische Maßnahmen beeinflussen).

Zum Teil ändert sich die Bedeutung der Nebenbedingungen im Zeitverlauf.

Die einzelnen Nebenbedingungen stehen teils untereinander, teils, verglichen mit den Zielen, in einem konkurrierenden Verhältnis. Das heißt z. B. die Erfüllung einer Nebenbedingung führt zu einer Verminderung des Erfüllungsgrades einer anderen.

222 Erzeugnisabhängige Nebenbedingungen

222.1 Physikalisch-chemische Eigenschaften der Erzeugnisse

Die Erzeugnisse in der Versandstruktur besitzen physikalische und chemische Eigenschaften.

Wichtige, die Versandstruktur beeinflussende physikalische Eigenschaften sind der Aggregatzustand, das Volumen und das Gewicht.

Sachgüter im Aggregatzustand flüssig und gasförmig benötigen spezielle Transport- und Lagerbehälter. Zum Teil müssen für ihre Beförderung spezielle Transportmittel eingesetzt werden.

Vom Volumen der Sachgüter hängen der Raumbedarf an den Lagerorten, die benötigten Lager- und Transportmittel ab. Sperrige Güter erfordern ebenfalls zum Teil spezielle Lager- und Transportmittel.

Eine weitere wichtige, die Versandstruktur beeinflussende physikalische Eigenschaft ist das Gewicht. Von ihm wird ebenfalls die Ausgestaltung der Transport- und Lagermittel beeinflusst, häufig sind Gewicht und Volumen zusammen, gemessen in Gewicht pro Volumeneinheit, maßgebend für die Wahl der Lager- und Transportmittel.¹⁾

Weitere, sich auf die Versandstruktur auswirkende physikalische Eigenschaften sind Druck-, Stoß- und Erschütterungsempfindlichkeit der Erzeugnisse. Sie zwingen zur Verwendung spezieller Behälter und Verpackungen und/oder besonderer Lager- und Transportmittel.

Außer den physikalischen beeinflussen chemische Eigenschaften der Erzeugnisse die Versandstruktur. Güter, die unter Einfluß von Luft chemisch reagieren, müssen - soweit dies nicht schon aufgrund ihres Aggregatzustandes erforderlich wird - mit entsprechenden Verpackungen versehen werden.

Verderbliche Erzeugnisse, bei denen ebenfalls chemische (biologische) Reaktionen stattfinden, setzen der Versandstruktur in zeitlicher Hinsicht Grenzen und bestimmen somit die Frist, innerhalb der die Erzeugnisse nach der Fertigung zum Abnehmer gelangt sein müssen.

Die Zeitspanne zwischen Fertigung und Aushändigung an den Abnehmer läßt sich bei ihnen durch Kühlung und Klimatisierung vergrößern. Hochverderbliche Güter kommen auf keinen Fall ohne Kühlung und Klimatisierung aus. Dies bedingt jedoch spezielle Lager- und Transportmittel (Kühlanlagen, Entfeuchtungsanlagen, Isolieraufbauten), welche die Kosten zum Teil wesentlich erhöhen.

1) Vgl. Illetschko, L. L., Betriebswirtschaftliche Probleme der Verkehrswirtschaft, Wiesbaden 1959, S. 58 f.

222.2 Verwandtschaft der Erzeugnisse hinsichtlich ihrer Eigenschaften

In Industrieunternehmen mit breitem Erzeugnisprogramm wird die Ausgestaltung der Versandstruktur außerdem vom Grad der Verwandtschaft der Erzeugnisse hinsichtlich ihrer Eigenschaften beeinflusst.

Bestehen große Unterschiede in den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Erzeugnisse, so sind für die einzelnen Erzeugnisgruppen unter Umständen eigene Lager- und Transportmittel erforderlich. Hat z. B. eine Industrieunternehmung sowohl schnell verderbliche als auch nicht verderbliche Erzeugnisse in ihrem Programm, wird sie beide getrennt lagern und für die verderblichen spezielle Lagermittel (Isolieraufbauten, Kühlaggregate) verwenden. Ebenso ist sie gezwungen, die Transporte der verderblichen Erzeugnisse mit Kühlwagen, die anderen mit normalen Transportmitteln durchzuführen.

Das Bestreben der Industrieunternehmen geht heute dahin, durch Verwendung von genormten Paletten, Behältern und Containern die Erzeugnisse für die Versandstruktur gleichartig zu machen und die Ware möglichst von der Fertigung bis zum Abnehmer in oder auf diesen Packmitteln zu belassen, so daß möglichst wenig umgepackt werden muß. Diese Tendenz kommt in den beiden wichtigsten, für die Behandlung der Erzeugnisse in der Versandstruktur geltenden Zielen zum Ausdruck, möglichst nur genormte Packeinheiten zu verwenden und dafür zu sorgen, daß die Lagereinheit gleich der Transporteinheit ist, z. B. die Erzeugnisse auf der Palette eingelagert und auch transportiert werden. Bei Befolgung dieser Regeln können einheitliche Lagermittel verwendet, die Abstellplätze an den Lagerorten und Transportmittel gut ausgenutzt werden.

Innerhalb gewisser Grenzen ist es durch richtig eingesetzte Verpackung, Paletten, Behälter und Container möglich, Waren, auch wenn sie unterschiedliche physikalische und chemische Eigenschaften besitzen, für die Versandstruktur zu weitgehend homogenen Gütern zu machen.

223 Nebenbedingungen aus dem Fertigungsbereich

223.1 Fertigungsstruktur

Die Fertigungsstruktur einer Industrieunternehmung ergibt sich vornehmlich aus

der Zahl der Fertigungsstätten,
ihren Standorten und
der Verteilung des Fertigungsprogramms auf die einzelnen Fertigungsstätten.

Größere Industrieunternehmungen besitzen meist - bedingt durch die verschiedensten Gegebenheiten im Lauf der historischen Entwicklung - mehrere im Absatzgebiet verteilte Fertigungsstätten.

Diese stellen die Ausgangspunkte für die Versandstruktur dar. Die Aufgabe der Versandstruktur wird daher stark durch die Standorte und Verteilung der Fertigungsstätten im Absatzgebiet beeinflusst. Die Fertigungsstätten können sich als Extremfälle in einem engen Gebiet ballen oder gleichmäßig über das gesamte Absatzgebiet verstreut sein.

Zahl und Standort der Fertigungsstätten allein sagen jedoch noch wenig über den Einfluß auf die Versandstruktur aus. Dieser wird erst endgültig durch die Verteilung des Fertigungsprogramms auf die einzelnen Fertigungsstätten festgelegt. Unter Fertigungsprogramm verstehen wir die pro Periode hergestellten Arten und Mengen.

Hinsichtlich der Verteilung des Fertigungsprogramms auf die Fertigungsstätten sind zwei Grenzfälle möglich; entweder in jedem Werk wird pro Periode jedes Erzeugnis, das die Unternehmung anbietet, hergestellt oder die einzelnen Werke haben sich spezialisiert und jedes fertigt lediglich einen Teil der Erzeugnisse. In der Wirklichkeit wird fast immer eine Kombination zwischen beiden Extremen vorkommen, so daß ein Teil der Erzeugnisse jeweils nur in einem Werk, während der übrige Teil in mehreren Werken gefertigt wird.

Das Bestreben dürfte jedoch aus fertigungswirtschaftlicher Sicht im allgemeinen dahin gehen, jedes Werk zu spezialisieren, um die Größendegression auszunutzen und große Mengen zu möglichst niedrigen Kosten pro Stück zu fertigen.

223.2 Fertigungsvollzug

Die industrielle Fertigung teilt man nach dem Wiederholungsgrad ein in Einzel-, Serien- und Massenfertigung. Ein großer Teil der Erzeugnisse für den anonymen Markt - die wir hier betrachten - wird in Serienfertigung hergestellt. Diese ist dadurch gekennzeichnet, daß auf einer Maschine oder Maschinengruppe mehrere Erzeugnisse hintereinander gefertigt werden. Es entsteht hier das Problem der Losgrößen und die Frage nach der zeitlichen Reihenfolge aller auf einer Anlage gefertigten Erzeugnisse. Durch die Losgröße und die zeitliche Reihenfolge werden mit die Mengen bestimmt, die an den einzelnen Lagerorten gehalten werden müssen, damit die Kunden stets beliefert werden können.¹⁾

1) Vgl. zum Problem der Losgröße z. B. Dinkelbach, W., Zum Problem der Produktionsplanung im Ein- und Mehrproduktunternehmen, Würzburg, Wien 1964; Marx, W., Absatzmengen und Losgrößenbestimmung im Sortenbetrieb, Meisenheim 1966; Müller-Merbach, H., Die Bestimmung optimaler Losgrößen bei Mehrproduktfertigung, Dissertation, Darmstadt 1962; ders., Optimale Losgröße bei mehrstufiger Fertigung, in: (Fortsetzung der Fußnote auf der nächsten Seite.)

224 Nebenbedingungen aus dem Abnehmerbereich

224.1 Abnehmerstruktur

Die Abnehmerstruktur einer Industrieunternehmung wird vor allem bestimmt durch

- die Zahl der Abnehmer
- die Größe des Absatzgebietes und die
- räumliche Verteilung der Abnehmer sowie
- die Zusammensetzung des Kreises der Abnehmer.

Je größer die Zahl der Abnehmer, desto umfangreicher ist die zu lösende Aufgabe der Versandstruktur. Jeder Abnehmer stellt einen Empfangspunkt (Endpunkt) der Versandstruktur dar. Mit der Zahl der Abnehmer steigt die Zahl der Empfangspunkte und damit der Umfang des gesamten Netzes der Versandstruktur.

Eine weitere wesentliche Nebenbedingung für die Versandstruktur stellt die Größe des räumlichen Gebiets, in dem sich die Abnehmer verteilen, dar. Je größer dieses Gebiet ist, desto länger sind im allgemeinen die zurückzulegenden Wege. Diese richten sich aber nicht allein nach der Größe, sondern auch nach der räumlichen Verteilung der Abnehmer über das Gebiet.¹⁾

Die Abnehmer können gleichmäßig über das gesamte Gebiet verstreut sein oder sich auf mehrere Orte konzentrieren. Im ersten Fall sprechen wir von Flächen-

Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60. Jg., 1965, Heft 3, S. 113 ff.; Orth, L., Die Eignung der Losgrößenformel als Instrument der Produktionsplanung, in: ZfhF, N. F., 13. Jg., 1961, S. 738 ff.; Pack, L., Optimale Bestellmenge und optimale Losgröße, Zu einigen Problemen ihrer Ermittlung, Wiesbaden 1964; Schlüter, H., Untersuchung zum Problem der optimalen Losgröße, Dissertation, Frankfurt 1958.

- 1) Vgl. Weber, H. K., Der Absatzmarkt der industriellen Unternehmung, Formen und Typen, Köln und Opladen 1969, S. 84.

markt, im zweiten von mehreren Punktmärkten. Bei konstantem Gebiet sind die Wege im allgemeinen um so länger, je gleichmäßiger sich die Abnehmer im Gebiet verteilen.

Von der Zusammensetzung des Kreises der Abnehmer gehen verschiedenartige Einflüsse auf die Versandstruktur aus. Von ihr hängt es vor allem ab, ob die einzelnen Abnehmer etwa gleiche oder unterschiedliche Mengen erhalten, etwa dieselben oder sehr verschiedene Erzeugnisse beziehen und bei der Belieferung gleich behandelt werden oder nicht (z. B. die Lieferzeit für alle konstant ist).

Abnehmer einer Industrieunternehmung können sein: der Bedarfsträger (Verwender oder Verbraucher) selbst, ein Einkaufsorgan des Bedarfsträgers oder ein selbstständiges Absatzorgan (Absatzmittler, selbständiger Absatzhelfer, überbetriebliche absatzwirtschaftliche Institution).¹⁾

Eine Industrieunternehmung kann nun entweder nur an eine Gruppe von Abnehmern, also nur an Bedarfsträger oder Einkaufsorgane bzw. selbständige Absatzorgane oder sowohl Bedarfsträger als auch Einkaufsorgane und selbständige Absatzorgane liefern.

Bei den Bedarfsträgern ist es möglich, daß sie nur einem oder mehreren Wirtschaftszweigen angehören. Ebenso kann es sich bei den Absatzmittlern um relativ gleichartige (z. B. nur Ladengeschäfte) oder um recht verschiedenartige Handelsbetriebe handeln. Entsprechend lassen sich Unternehmen mit homogenem und heterogenem Kreis von Absatzmittlern als Abnehmer unterscheiden.²⁾

1) Organe der Absatzwirtschaft vgl. Schäfer, E., Absatzwirtschaft, a. a. O., S. 298 ff.

2) Vgl. Weber, H. K., a. a. O., S. 78 f.

224.2 Abnehmerverhalten

Starke Einflüsse auf die Versandstruktur gehen vom Verhalten und von den Wünschen der Abnehmer aus.

Durch die Abnehmer werden vor allem bestimmt

die Liefermengen und
die Lieferhäufigkeiten.

Unter Liefermenge verstehen wir die Menge (gemessen in Stück, Gewicht, Volumen), die pro Übergabe an den Abnehmer ausgehändigt wird. Sie ist eine Globalgröße und teilt sich auf in die einzelnen Liefermengen pro Erzeugnis.

Häufig deckt sich die Liefermenge mit der Ordermenge.¹⁾ Dies braucht jedoch nicht zu sein, da auch in Teilmengen oder an verschiedenen Orten ausgeliefert werden kann.

Die Lieferhäufigkeit ist die Zahl der Übergaben an den Abnehmer pro Periode. Liefermenge und -häufigkeit sind von Abnehmer zu Abnehmer unterschiedlich und schwanken beim einzelnen Abnehmer im Zeitverlauf. Aus ihnen ergeben sich die Abnahmemengen und die entsprechende wertmäßige Größe, der Umsatz pro Periode.

Bei der Analyse der Abnahmemengen bzw. des Umsatzes stößt man in der Regel auf zwei wichtige Phänomene, welche die Probleme der Belieferung und damit der Versandstruktur aufzeigen.

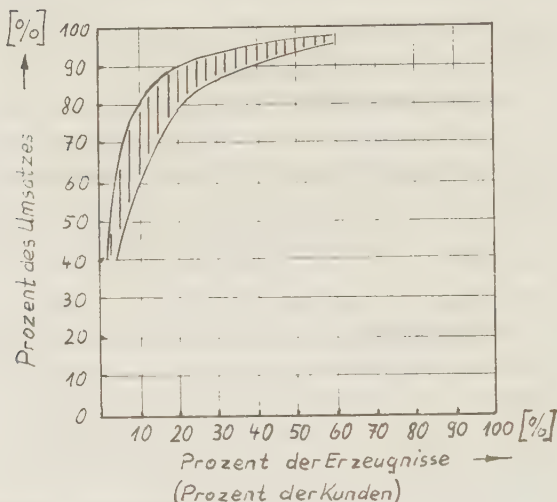
Bei fast allen Industrieunternehmungen wird ein großer Teil des Umsatzes (ca. 60 - 90 %) nur mit einem kleinen Teil der Erzeugnisse (ca. 5 - 40 %) erzielt, während der überwiegende Teil der Erzeugnisse (ca. 60 - 95 %) lediglich einen kleinen Teil des Umsatzes (ca. 10 - 40 %) erbringt.²⁾ Diesen Sachverhalt verdeutlicht Abbildung 9.

1) Begriff des Verkaufsweges, der hier nicht betrachtet wird.

2) Vgl. Magee, J. F., The Logistics of Distribution, in: HBR, Vol. 38, No. 4, 1960, S. 92.

Abb. 9

Beziehungen zwischen Erzeugnissen und Umsatz



Ein großer Teil der Industrieunternehmen besitzt eine Umsatzkurve, die zwischen den beiden eingezeichneten im schraffierten Bereich liegt.

Der einen großen Teil des Umsatzes erzielende kleine Anteil der Erzeugnisse schlägt sich in der Regel schnell um, während die übrigen Erzeugnisse meist lange auf Lager liegen.¹⁾

Häufig teilen die Unternehmen ihre Erzeugnisse nach der Umschlagsgeschwindigkeit in drei Gruppen ein: Gruppe A - schnell sich umschlagende, Gruppe B - mit mittlerer Geschwindigkeit und Gruppe C - langsam sich umschlagende Erzeugnisse.

1) Industrieunternehmen können für schnell und langsam sich umschlagende Erzeugnisse verschiedene Versandstrukturen einrichten.

Ein ähnlicher Zusammenhang wie zwischen Umsatz und Erzeugnissen besteht zwischen Umsatz und Kunden. Vielfach wird ein großer Teil des Umsatzes (ca. 75 %) lediglich mit einem kleinen Anteil von Abnehmern (ca. 25 %) getätigt, während sich der restliche Umsatz (ca. 25 %) auf eine große Zahl von Abnehmern (ca. 75 %) verteilt. Dies läßt sich ebenfalls graphisch darstellen, wenn man in Abb. 9 die Prozente der Erzeugnisse durch Prozente der Kunden - wie in Klammern im Schaubild angedeutet - ersetzt. Viele Industrieunternehmungen sehen sich einer Kurve gegenübergestellt, die ebenfalls im eingezeichneten Bereich liegt.

Die Bedienung der einen großen Anteil des Umsatzes abnehmenden Kunden ist für die Versandstruktur im allgemeinen einfach, da hierbei relativ große Mengen zu einigen wenigen Endpunkten zu befördern sind. Probleme treten dagegen meist bei der Belieferung des großen Anteils der Kunden auf, mit denen nur ein kleiner Anteil des Umsatzes getätigt wird, da zu ihrer Belieferung viele Wege mit relativ kleinen Mengen zurückzulegen sind.

Für die Versandstruktur ist ferner bedeutend, ob die Kunden bereit sind, Lieferfristen in Kauf zu nehmen. Besteht diese Bereitschaft, kann die Unternehmung für das einzelne Erzeugnis kleinere Lagerbestände halten und u. U. Transporte mit langsamen Transportmitteln durchführen.

225 Sonstige Nebenbedingungen

Die sonstigen, noch auf die Versandstruktur wirkenden Einflüsse, die sich in Nebenbedingungen niederschlagen können, sind mannigfaltig. Sie kommen aus dem Unternehmen selbst oder von außen.

Interne Einflüsse auf die Versandstruktur gehen einerseits von den übrigen Absatzbereichen aus, vor allem vom Verkaufsweg, der mit dem Warenweg zum Teil eng verzahnt ist, z. B. dann, wenn Lager dort errichtet werden, wo Verkaufsstellen sind.

Zum anderen wirken aber auch Einflüsse aus den übrigen Bereichen der Unternehmung auf die Versandstruktur. Durch die Lager wird Kapital gebunden. Bestehen in einem Unternehmen Engpässe bei der Kapitalbeschaffung, werden z. B. hier durch die Finanzierung für die Versandstruktur Grenzen gesetzt.

Externe Einflüsse auf die Versandstruktur ergeben sich aus dem gesellschaftspolitischen Bereich. Einerseits setzen zum Teil gesetzliche Regelungen für die Ausgestaltung der Versandstruktur Grenzen. Zum Beispiel legt die Straßenverkehrsordnung die Größe der Lastzüge fest, mit denen Transporte durchgeführt werden. Das Güterfernverkehrsgesetz schreibt vor, in welchem Umkreis mit kleineren Fahrzeugen im Nahverkehr ausgeliefert werden darf.

Außerdem gehen z. B. aus der Ausgestaltung der Infrastruktur (Verkehrswege, Nachrichtensysteme) Einflüsse auf die Versandstruktur aus.

3 Alternativen bei der Wahl der Versandstruktur mit Zentrallager

Um die Vorteile und Grenzen einer Versandstruktur mit ZL aufzuzeigen, müssen wir sie mit anderen alternativen Strukturtypen vergleichen. Da in der Realität vielfältige Gestaltungsformen möglich sind, können wir sie dabei nicht allen denkbaren gegenüberstellen. Wir müssen uns vielmehr beschränken und werden sie lediglich mit einigen Strukturtypen vergleichen.¹⁾

Wir gehen nicht von der Grundstruktur, sondern den Typen I und II aus und stellen ihnen jeweils zwei Vergleichstypen a und b gegenüber. Abbildung 10²⁾ zeigt nochmals die Typen I und II und die Vergleichstypen Ia und Ib sowie IIa und IIb.

Beim Typ I kommen die die Produktion verlassenden Fertigfabrikate zuerst kurz an ein sich räumlich an die Fertigung anschließendes Lager. Von hier aus werden sie zum ZL transportiert. In diesem erfolgt der überwiegende Teil der Zeitüberbrückung. Vom ZL aus werden die Fertigfabrikate dann entsprechend der Aufträge zu den Abnehmern transportiert.

Die Versandstruktur vom Typ Ia unterscheidet sich vom Typ I dadurch, daß hier statt einem ZL zwei Lager (Regionallager) in die Versandstruktur eingeschaltet sind. Jedes davon beliefert etwa die Hälfte der Abnehmer.

Beim Typ Ib werden die Fertigfabrikate nur einmal gelagert. Die Lager schließen sich räumlich direkt an die Fertigung an. Produziert jede Fertigungs-

1) Es wurde versucht, solche Strukturtypen auszuwählen, die normalerweise im Wirtschaftsleben statt der Aufnahme eines ZL als Alternativen in Frage kommen dürften.

2) Vgl. S. 53.

stätte nur einen Teil der Erzeugnisse, muß jeder Abnehmer in der Regel von mehreren Lagern aus beliefert werden.

Bei der Versandstruktur vom Typ II ist im Anschluß an das ZL noch eine dritte Lagerstufe mit Gebietslagern in die Versandstruktur eingeschaltet. Die Sachgüter gelangen auch in dieser Struktur nach Verlassen der Fertigung zuerst an räumlich sich an diese anschließende Lager. Hier werden sie nur kurz gelagert und dann zum ZL transportiert. Von hier aus erfolgen Transporte zu den gleichmäßig im Absatzgebiet verstreuten Gebietslagern. Die Abnehmer werden ausschließlich von diesen aus beliefert. Jedes Gebietslager bedient dabei ein etwa gleich großes Gebiet.

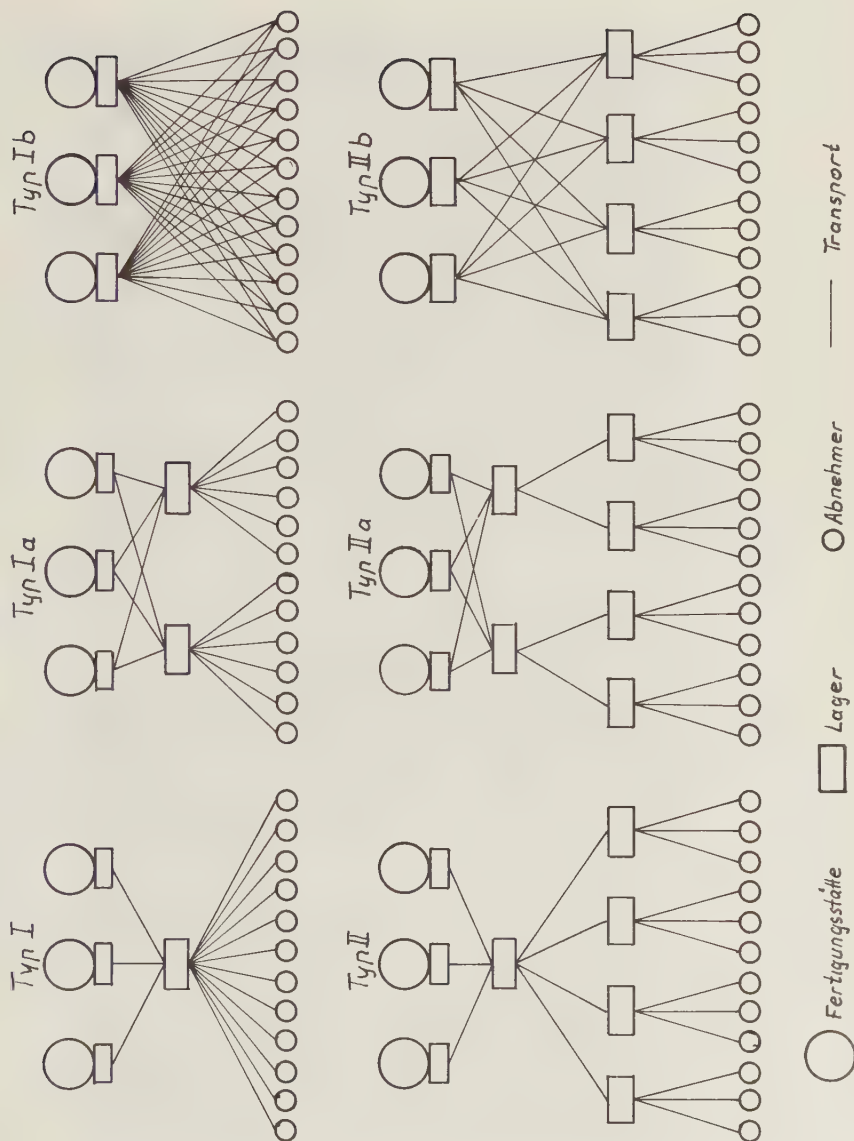
Im Gegensatz zum Typ II mit einem ZL bestehen beim Typ IIa zwei Lager (Regionallager) auf der zweiten Lagerstufe. Jedes davon beliefert etwa die Hälfte der Gebietslager. Diese bedienen die Abnehmer.

Beim Typ IIb kommen die Sachgüter zuerst an größere, sich räumlich an die Fertigung anschließende Lager. Diese versorgen eine größere Zahl (mindestens zehn) gleichmäßig im Absatzgebiet verteilter Gebietslager. Von diesen aus werden die Abnehmer beliefert. Bei dieser Struktur muß, wenn jede Fertigungsstätte lediglich einen Teil der Erzeugnisse herstellt, jedes sich an die Fertigung anschließende Lager jedes Gebietslager beliefern.

Außer den eben aufgezeigten Typen kann die Versandstruktur aus Kombinationen dieser einzelnen Typen bestehen. Ein Beispiel hierfür ist die Grundstruktur aus Typ I und II.¹⁾

1) Vgl. Abb. 4, S. 23

Versandstrukturen mit Zentrallager und Vergleichsstrukturen



4 Beurteilung der Wirkungen der Aufnahme eines Zentrallagers auf die einzelnen Komponenten der Versandstruktur

4.1 Angewandte Methode

Die einzelnen Komponenten der Versandstruktur Lager, Transporte, Lagermittel, Transportmittel und Kommunikation sind eng miteinander verbunden und wirken gegenseitig aufeinander ein. Zum Beispiel beeinflussen die Lager die Transporte, Lagermittel, Transportmittel und Kommunikation. Die Transporte wiederum haben Wirkungen auf die Lager, Lagermittel, Transportmittel und Kommunikation.

Will ein Unternehmen ein ZL in die Versandstruktur aufnehmen, muß es wegen dieser engen Verflechtung die wichtigsten Wirkungen auf alle Komponenten und deren Rückwirkungen kennen. Wir wollen daher die Wirkungen auf die einzelnen Komponenten nacheinander untersuchen. Dabei werden wir jeweils eine modellmäßige Betrachtung durchführen.

"Ein Modell ist eine durch isolierende Abstraktion gewonnene vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit. Durch die Isolation wird das zu untersuchende Phänomen abgegrenzt. Innerhalb dieses abgegrenzten Teilbereichs wird der Untersuchungsgegenstand durch den Prozeß der Abstraktion bewußt und planmäßig vereinfacht."¹⁾

Modelle lassen sich in unterschiedlicher Weise darstellen.²⁾ Ein physisches Modell ist eine vereinfach-

1) Koller, H., Simulation und Planspieltechnik, Wiesbaden 1969, S. 26.

2) Vgl. Kosiol, E., Modellanalyse als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen, in: ZfhF, N. F., 13. Jg., 1961, S. 320; Koller, H., Simulation und Planspieltechnik, a. a. O., S. 27 f.

te, konkrete Abbildung eines Ausschnitts der Realität. Die Betriebswirtschaftslehre benutzt fast ausschließlich symbolische Modelle. Diese werden in einer Sprache als Abbild der Realität formuliert. Symbolische Modelle können in der Alltags- oder Umgangssprache als verbale Modelle oder in einer formalisierten Sprache durch Kurzsymbole dargestellt werden. Letztere werden auch als Kalkülmodelle bezeichnet. Eine besondere Art der Kalkülmodelle sind mathematische Modelle; bei ihnen werden die quantifizierbaren Zusammenhänge des zu untersuchenden Problems in Form eines Systems von Gleichungen und Ungleichungen dargestellt.

Wir werden in diesem Abschnitt die Wirkungen auf die einzelnen Komponenten überwiegend verbal beschreiben, zum Teil jedoch auch quantifizierbare Wirkungen durch Formeln zu verdeutlichen versuchen.

Modelle dienen einerseits zum rationalen Verständnis und der adäquaten Beschreibung des Wirtschaftsgeschehens. Solche Modelle bezeichnen wir mit Erklärungsmodellen. Darüber hinaus können sie dem menschlichen Handeln dienstbar gemacht werden. Mit ihrer Hilfe lassen sich Aussagen über die Wirkungen möglicher Handlungen treffen. Diese Art der Modelle bezeichnen wir mit Entscheidungsmodellen.¹⁾

Wir wollen in diesem Abschnitt die Wirkungen auf die einzelnen Komponenten erklären und bedienen uns deshalb Erklärungsmodellen.

Bei unserer Betrachtung der einzelnen Komponenten werden wir vor allem die Wirkungen eines ZL hinsichtlich der Ziele Sicherung und Erhöhung der Lieferbereitschaft

1) Vgl. Kosiol, E., Modellanalyse als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen, a. a. O., S. 321 f.

und Senkung der Kosten aufzuzeigen versuchen.

Die Wirkungen auf die einzelnen Komponenten der Versandstruktur hängen zum Teil von den Nebenbedingungen ab. Da diese in den einzelnen Unternehmungen sehr vielfältig sein können, ist es nicht möglich, alle Konsequenzen, die sich aufgrund unterschiedlicher Nebenbedingungen ergeben, aufzuzeigen. Wir nehmen deshalb für die folgende Untersuchung die Nebenbedingungen als weitgehend konstant an.¹⁾

Um jedoch dabei alle wichtigen Probleme darstellen zu können, gehen wir von einer Industrieunternehmung aus, bei der die Nebenbedingungen so ausgestaltet sind, daß der Wahl der Versandstruktur - insbesondere der Frage der Aufnahme eines ZL - eine besondere Bedeutung zukommt.

Die unterstellte Unternehmung stellt eine große Zahl von einzelnen Erzeugnisarten (ca. Tausend) in mehreren im Absatzgebiet verstreuten Fertigungsstätten her. Jede Fertigungsstätte produziert lediglich einen Teil des gesamten Sortiments, ist also auf einen Ausschnitt des Programms spezialisiert.

Die Erzeugnisse werden in der Fertigung auf Paletten gestellt und bleiben möglichst bis zum Gebietslager darauf. Für Lieferungen vom ZL direkt an Kunden werden jedoch bereits dort Palettenladungen aufgelöst und die Erzeugnisse nach Kundenwünschen zusammengestellt.

Das Unternehmen bedient ein großes Absatzgebiet, das etwa der Fläche der Bundesrepublik entspricht. Die Zahl der Abnehmer beträgt mehrere Tausend. Die Kun-

1) Lediglich bei einigen Punkten, bei denen es uns sehr wichtig erscheint, werden wir auch die Wirkungen bei verschiedener Ausgestaltung der Nebenbedingungen untersuchen.

den ordern unterschiedliche Mengen. Der Anteil der einzelnen Erzeugnisse an den abgenommenen Gesamtmengen variiert bei den einzelnen Kunden. Das Orderverhalten der Kunden bewirkt, daß sich das Programm aus sich schnell und langsam umschlagenden Erzeugnissen zusammensetzt.

42 Wirkungen auf die Lager

421 Gründe für die Haltung von Lagern

Von einem Lager, das charakterisiert wird durch die Lagergüter, die Lagerbestände und den Lagerort, interessiert vor allem der Bestand pro Lagergut. Durch diesen wird Kapital gebunden, dadurch entstehen Zinskosten. Diese sind innerhalb eines Zeitraumes - bei konstanten Preisen und Zinssätzen - der Höhe des Bestands proportional. Überdies wird aber auch durch ihn der Verfügbarkeitsgrad beeinflußt. Es interessiert hier deshalb vornehmlich, ob es durch die Aufnahme eines ZL gelingt, die erforderliche Gesamthöhe des Bestandes des einzelnen Lagergutes in der Versandstruktur zu vermindern und dadurch die Zinskosten zu senken, bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung bzw. Verbesserung des Verfügbarkeitsgrades und damit der Lieferfähigkeit.

Die OR-Literatur hat für die Ermittlung des Lagerbestandes eines Lagergutes umfangreiche Formeln entwickelt.¹⁾ Damit läßt sich in der Regel der optimale

1) Vgl. z. B. Brunnberg, J., Optimale Lagerhaltung bei ungenauen Daten, Wiesbaden 1970; Hadley, G., Within, T. M., Analysis of Inventory Systems, Englewood Cliffs, N. J., 1963; Hanssmann, F., Operations Research in Production and Inventory Control, New York, London 1962; Hochstädter, D., Stochastische Lagerhaltungsmodelle, Berlin, Heidelberg, New York 1969; Magee, J. F., Boodman, D. M., Production Planning and Inventory Control, a. a. O.; Naddor, E., Inventory Systems, New York, London, Sydney 1966, Pack, L., a. a. O.; Popp, W., Einführung in die Theorie der Lagerhaltung, Berlin, Heidelberg, New York 1968.

Lagerbestand unter Berücksichtigung der auflagefixen Kosten der Fertigung und der Zinskosten des zu haltenden Bestandes ermitteln. Die einfachste Formel geht dabei von in der Realität niemals vorhandenen vereinfachten Verhältnissen aus. Um sie der Realität anzugleichen, müssen zusätzliche Annahmen getroffen werden. Dadurch werden die Formeln komplizierter und umfangreicher.

Alle bisher entwickelten Formeln gehen im allgemeinen von einem Lager an einem Ort aus. Für die Ermittlung der Höhe der Bestände in den einzelnen Lagerorten bei gleichzeitiger Betrachtung mehrerer Lagerorte in der Versandstruktur, gibt es unseres Wissens bisher lediglich Ansätze.¹⁾

Wir wollen hier Schritt für Schritt die Konsequenzen aufzeigen, die sich in einer Versandstruktur mit hintereinander- und nebeneinandergeschalteten Lagerorten ergeben, wenn eine Zentralisation der Sachgüter in horizontaler und vertikaler Richtung vorgenommen wird. Das Aufzeigen dieser Konsequenzen setzt die Kenntnis der Gründe voraus, die zur Bildung eines Lagers führen. Wir müssen deshalb zuerst auf diese eingehen.

1) Vgl. Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J., Physical Distribution Management, a. a. O., S. 217 ff.; Dzielinsky, B. P., Manne, A. S., Simulation by a Hypothetical Multi-Item Production and Inventory System, in: Journal of Industrial Engineering, Vol. XII, No. 6, November-December, 1961, S. 417 ff.; Skeith, R. W., A Multilocation Inventory Model, in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. XIX, No. 12, December, 1968, S. 630 ff.

Im wesentlichen lassen sich folgende Gründe für die Lagerbildung unterscheiden:¹⁾

1. Die Erzeugnisse werden zu im voraus bekannten Zeitpunkten in Losen hergestellt oder transportiert, die Nachfrage tritt in konstanten Mengen je Tag auf.
2. Die Erzeugnisse werden in konstanten Mengen je Tag gefertigt oder transportiert, die Nachfrage weist vorhersehbare Schwankungen im Zeitverlauf auf.
3. Es muß mit im voraus nicht bekannten Verzögerungen bei der Fertigstellung oder beim Transport der Erzeugnisse zu einem Lagerort gerechnet werden.
4. Die Nachfrage schwankt. Die Schwankungen sind nicht vorhersehbar.

Zu 1.: Eine Industrieunternehmung fertigt die einzelnen Erzeugnisse meist in Losen. Diese verlassen dann schubweise die Fertigung.

In einer mehrstufigen Versandstruktur werden die Transporte ebenfalls schubweise durchgeführt. Wenn z. B. ein Gebietslager ein Erzeugnis an Kunden ausgeliefert hat, wird nicht sofort aus der vorgeschalteten Lagerstufe nachgeliefert. Es wird vielmehr gewartet, bis der Bestand aufgebraucht ist und dann gleich eine größere Menge auf einmal (häufig eine ganze Lastwagen- oder Eisenbahnladung) transportiert.

1) Vgl. Magee, J. F., Physical Distribution Systems, a. a. O., S. 48 ff.; Naddor, E., Inventory Systems, a. a. O., S. 21 ff.

Die Bestandsentwicklung bei schubweisem Verlassen der Fertigung oder Transport unter der Voraussetzung gleichmäßigen Abflusses verdeutlicht die Abbildung 11 auf der nächsten Seite.

Zu 2.: Bei vielen Erzeugnissen ist die Nachfrage vorhersehbar, schwankt aber im Zeitverlauf. Die Schwankungen sind meist saisonal, können aber auch konjunkturrell bedingt sein.

Abbildung 12 auf der nächsten Seite zeigt eine Nachfrageschwankung über ein Jahr, die typisch ist für viele Saison erzeugnisse. In Spitzenmonaten ist sie doppelt so hoch wie im Durchschnitt.

Werden hier konstante Mengen pro Zeiteinheit gefertigt, muß ein Zeitausgleich zwischen Fertigung und Nachfrage durch Lagerung erfolgen.¹⁾

Zu 3.: In der Fertigung können unvorhergesehene Störungen (z. B. Maschinenschäden) auftreten, so daß die Sachgüter diese verspätet verlassen. Ebenso ist es möglich, daß in einer mehrstufigen Versandstruktur beim Transport unvorhersehbare Verzögerungen auftreten. Um in solchen Fällen trotzdem noch Kunden bedienen zu können, werden zusätzliche Bestände geführt.

Zu 4.: Bei einem großen Teil der Erzeugnisse schwankt die Nachfrage im Zeitablauf, wobei diese Schwankungen nicht vorhersehbar sind. Um trotzdem auch hier die Kunden jederzeit bedienen zu können, müssen zusätzliche Bestände gehalten werden.

1) Dieser Ausgleich ist ebenfalls erforderlich, wenn zwar die Fertigung nicht ständig konstant ist, sondern stufenweise an die sich kontinuierlich ändernde Nachfrage angepaßt wird.

Abb. 11

Bestandsentwicklung bei Fertigung oder Transport in
Losen und gleichmäßigem Abfluß¹⁾

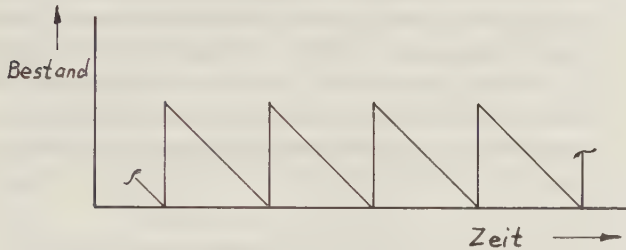
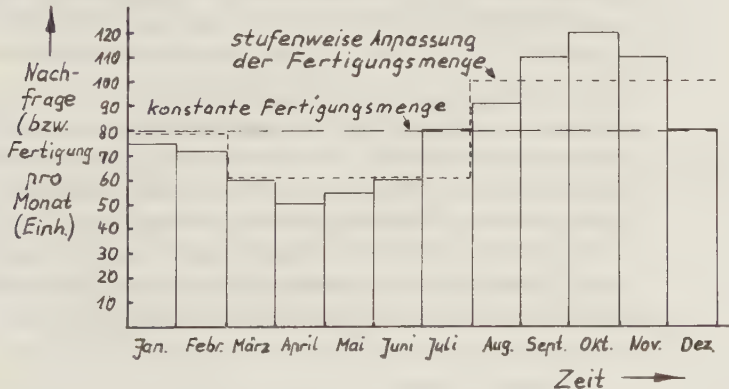


Abb. 12

Saisonale Schwankungen der Nachfrage und Lager verursachende Anpassungsmöglichkeiten der Fertigung²⁾



1) In dieser Abbildung ist unterstellt, daß das Erzeugnis in konstanten Mengen und Zeitabschnitten an das Lager kommt und der Abfluß völlig kontinuierlich erfolgt.

2) Vgl. Magee, J. F., Physical Distribution Systems, a. a. O., S. 57.

422 Lagerbestand bei einem Lagerort

422.1 Grundbestand

Welcher der genannten Gründe zur Haltung eines Lagers führt, läßt sich in Wirklichkeit oft nicht eindeutig beantworten, da z. B. auch Bestände, die dazu dienen, unerwartete Nachfrage zu befriedigen, in im voraus bekannten Losen gefertigt werden. In der Regel können wir für jedes Lagergut zwei Arten von Beständen unterscheiden:¹⁾

1. den Grundbestand
2. den Sicherheitsbestand.

Der Grundbestand dient dazu, die vorhersehbare oder durchschnittliche Nachfrage zu befriedigen.

Er entsteht einmal dadurch, daß Fertigungs- oder Transportmenge und Nachfragemenge zwar bekannt sind, jedoch zeitlich nicht synchron verlaufen. Die Höhe des Grundbestandes ergibt sich hier als Differenz zwischen Fertigungs- oder Transportmenge und Nachfragemenge.

Ferner muß ein Grundbestand gehalten werden, wenn mit unvorhersehbaren Verzögerungen bei der Fertigung, beim Transport oder mit im voraus nicht bekannten Nachfrageschwankungen gerechnet werden muß. Hier ergibt sich die Höhe des Grundbestandes aus dem Durchschnittsbestand, der normalerweise erforderlich ist, um die zwischen zwei Nachlieferungen auftretende Nachfrage zu befriedigen.

1) Vgl. Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J., Physical Distribution Management, a. a. O., S. 218.

Der Sicherheitsbestand wird zusätzlich zum Grundbestand gehalten. Er dient dazu, bei unerwarteten Nachfragesteigerungen und/oder Verzögerungen bei der Auslieferung der Fertigung oder bei den Transporten auch - wenn der Grundbestand bereits aufgebraucht ist - noch gewisse Zeit kurzfristig lieferfähig zu sein.

Der an einem einzelnen Lagerort vorrätige durchschnittliche Bestand errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{Durchschnittsbestand} = \frac{\text{Grundbestand}}{2} + \text{Sicherheitsbestand}$$

Gehen wir davon aus, daß die Versandstruktur aus einem Lagerort besteht und sich dieser direkt an die Fertigung anschließt, so richtet sich der Grundbestand bei Fertigung in Losen im wesentlichen nach der jeweiligen Losgröße und bei vorhersehbaren Nachfragesteigerungen und Herstellung auf Vorrat nach dem Ausmaß dieser Steigerung.

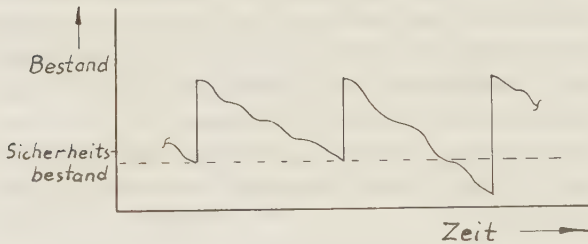
Betrachten wir ein einzelnes Gebietslager in einer mehrstufigen Versandstruktur, hängt der zu haltende Grundbestand von der bei einem Transport dorthin gebrachten Menge ab. Diese wiederum wird beeinflußt vom Zeitraum zwischen zwei Transporten. Ist diese Zeitspanne kurz, braucht nur ein kleiner Grundbestand gehalten zu werden. Bei längeren Zeitspannen dagegen wird ein entsprechend höherer Grundbestand erforderlich.

422.2 Sicherheitsbestand

Die Funktion des Sicherheitsbestandes, einen Puffer für unübliche oder unerwartete Nachfrage zu bilden, verdeutlicht nochmals folgende Abbildung.

Abb. 13

Funktion des Sicherheitsbestandes¹⁾



Im folgenden gehen wir davon aus, daß der Sicherheitsbestand lediglich wegen Schwankungen der Nachfrage und nicht zum Ausgleich von Verzögerungen bei der Fertigung oder des Transportes der Güter gehalten wird.

Die Höhe des zu haltenden Sicherheitsbestandes eines Lagergutes richtet sich dann nach:²⁾

1. dem gewünschten Verfügbarkeitsgrad
2. der Spannweite der Schwankungen der Nachfrage
3. der Zeitspanne zwischen zwei Nachlieferungen
bzw. der Lieferzeit.

Zu 1.: Diesen wichtigen Zusammenhang zwischen Höhe des Bestandes und Verfügbarkeitsgrad wollen wir uns anhand eines Beispiels verdeutlichen.³⁾

Wir gehen zuerst davon aus, daß die Nachfrage nach einem Erzeugnis pro Woche 700 Einheiten beträgt.

1) Vgl. Magee, J. F., Physical Distribution Systems, a. a. O., S. 53.

2) Vgl. ebenda, S. 54 f.

3) Vgl. Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J., Physical Distribution Management, a. a. O., S. 206 ff.

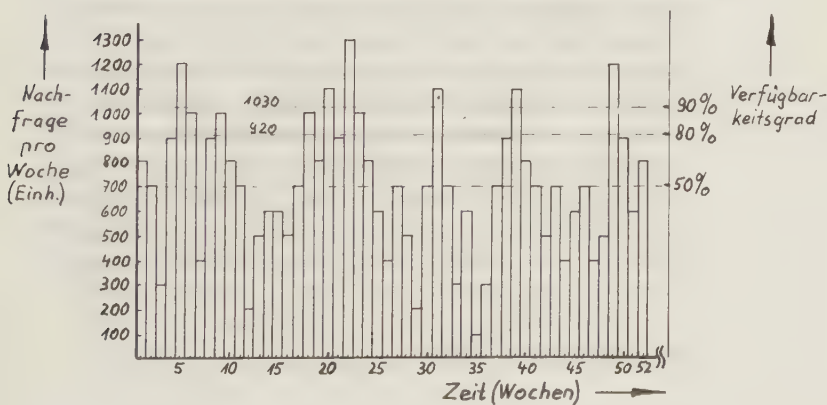
Die Gesamtnachfrage während eines Jahres beläuft sich dann auf 36 400 Einheiten.

Wenn wir annehmen, daß der Bestand jeweils am Anfang der Woche ergänzt wird und jeweils die in dieser Woche nachgefragten 700 Einheiten angeliefert werden, so beträgt der Durchschnittsbestand dieses Lagers 350 Einheiten. Nach den bisher angenommenen Bedingungen muß lediglich ein Grundbestand und kein Sicherheitsbestand gehalten werden.

Wir wollen das Beispiel jetzt abwandeln und annehmen, daß die wöchentliche Nachfrage stark schwankt. Den Verlauf der wöchentlichen Nachfrage im abgelaufenen Jahr zeigt folgende Abbildung. Die Gesamtnachfrage beträgt wie eben 36 400 Einheiten.

Abb. 14

Beispiel für Schwankungen der wöchentlichen Nachfrage
in einem Jahr



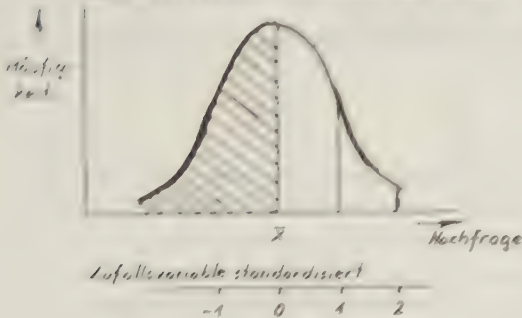
Die Nachfrage pro Woche schwankte zwischen 100 und 1300 Einheiten. Die durchschnittliche Nachfrage lag wieder bei 700 Einheiten pro Woche.

Wir gehen davon aus, daß die gesamte Nachfrage im nächsten Jahr ebenfalls 36 400 Einheiten betragen soll, wieder zwischen den gleichen Extremwerten schwanken wird und die Häufigkeitsverteilung der Nachfrage derjenigen des Vorjahres entspricht. Nicht bekannt ist, welche Schwankung in der jeweils nächsten Woche eintritt. Es tritt nun die Frage auf, welcher Bestand gehalten werden muß, um einen bestimmten Verfügbarkeitsgrad zu erreichen. Dieser gibt nach unserer Definition die Wahrscheinlichkeit an, mit der bei Absatzschwankungen die gesamte Nachfrage pro Periode gedeckt werden kann.

Die Antwort läßt sich mit Hilfe der statistischen Wahrscheinlichkeitstheorie finden. Wir wissen, daß die Nachfrage pro Periode schwankt. Sie stellt eine Zufallsvariable dar. Um die Vorgänge relativ einfach aufzeigen zu können, nehmen wir für dieses Beispiel vereinfachend an, daß die Häufigkeitsverteilung der Zufallsvariablen die Form einer Normalverteilung, wie sie Abbildung 15 zeigt, aufweist. Soll nur ein Grundbestand gehalten werden, der die durchschnittliche Nachfrage befriedigt, müßte das Lager pro Periode einen Bestand in Höhe des arithmetischen Mittels vorrätig haben. Bei einem solchen Bestand kann jedoch lediglich in 50 Prozent der Perioden die gesamte Nachfrage befriedigt werden. Es liegt dann lediglich ein Verfügbarkeitsgrad von 50 Prozent vor.

Abb. 13

Verfügbarkeitsverteilung der Nachfrage



$\bar{x}$ = arithm. Mittel

— Bereich in dem die Nachfrage mit dem verfügbaren Lagerbestand gedeckt werden kann

zu zu zeigen, welcher Sicherheitsbestand gehalten werden muß, wenn ein höherer Verfügbarkeitsgrad gefordert wird, gehen wir von einer standardisierten Normalverteilung aus, bei der das arithmetische Mittel im Wert Null liegt und die Standardabweichung den Wert eins annimmt. Mit Hilfe statistischer Tabellen läßt sich ablesen, welcher Sicherheitsbestand, ausgedrückt durch standardisierte Werte, gehalten werden muß, wenn ein bestimmter Verfügbarkeitsgrad gefordert wird. Entsprechende Werte zeigt Tabelle 1¹⁾ auf der nächsten Seite.

1) Vgl. z. B. Kreyszig, E., Statistische Methoden und ihre Anwendungen, 3. Aufl., Göttingen 1968, S. 393 ff.

Tabelle 1

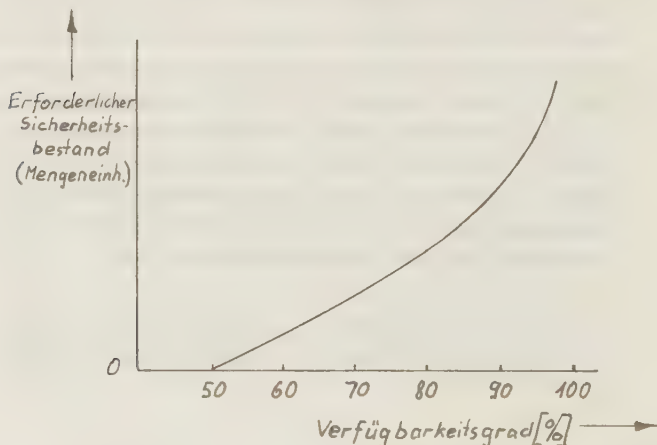
Sicherheitsbestand bei verschiedenen Verfügbarkeitsgraden bei standardisierter Normalverteilung

Verfügbarkeitsgrad % (Wahrscheinlichkeit, daß die gesamte Nachfrage be- friedigt werden kann)	z Höhe des Sicherheits- bestandes (ausgedrückt durch standardisierte Werte)
50	0
60	0,25
70	0,52
80	0,84
85	1,04
90	1,28
95	1,64
99	2,33

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß der Sicherheitsbestand mit steigendem Verfügbarkeitsgrad überproportional anwächst. Dies zeigt grafisch nochmals Abbildung 16.¹⁾

Abb. 16

Höhe des Sicherheitsbestandes bei verschiedenen Verfügbarkeitsgraden



1) Vgl. Magee, J. F., Physical Distribution Systems, a. a. O., S. 56.

Um die absolute Höhe des Sicherheitsbestandes bei einem gewissen Verfügbarkeitsgrad zu ermitteln, müssen die mittels Tabellen festgestellten standardisierten Werte des Sicherheitsbestandes noch mit der tatsächlichen Standardabweichung multipliziert werden. Es gilt:

$$S_i = z \cdot s$$

- S_i = absolute Höhe des Sicherheitsbestandes
 z = Höhe des Sicherheitsbestandes ausgedrückt durch standardisierte Werte beim gewünschten Verfügbarkeitsgrad
 s = errechnete Standardabweichung

Die Standardabweichung wird man bei einer großen Zahl von Zufallsvariablen meist mit folgender Formel ermitteln.

$$s = \Delta x \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n n_j^2}{n} - \frac{(\sum_{j=1}^n n_j)^2}{n^2}}$$

- s = Standardabweichung
 n = Gesamtzahl der Ereignisse
 Δx = Größe des Klassenintervalls
 n_j = Zahl der Ereignisse je Klasse
 j = Abstand der Klasse vom Mittelwert

Wir kehren zu unserem Beispiel zurück. In Tabelle 2 auf der nächsten Seite ist die Häufigkeitsverteilung der wöchentlichen Nachfrage im letzten Jahr, wie sie sich aus Abbildung 14 ergibt, zusammengestellt.

Tabelle 2

Häufigkeitsverteilung der wöchentlichen Nachfrage

Nachfrage	Häufigkeit	Nachfrage insgesamt	$j^2 n_j$
100	1	100	36
200	2	400	50
300	3	900	48
400	4	1 600	36
500	5	2 500	20
600	6	3 600	6
700	10	7 000	0
800	6	4 800	6
900	5	4 500	20
1 000	4	4 000	36
1 100	3	3 300	48
1 200	2	2 400	50
1 300	1	1 300	36
Gesamt	52	36 400	392

Die Standardabweichung für die Verteilung errechnet sich nach der angegebenen Formel und den in der Tabelle ermittelten Hilfswerten wie folgt:

$$S = 100 \sqrt{\frac{392}{52}} \approx 275 [\text{Einheiten}]$$

Mit Hilfe der Werte aus Tabelle 1 lassen sich nun - unter der für dieses Beispiel angenommenen Voraussetzung, daß die Nachfrage auch im nächsten Jahr die gleiche Häufigkeitsverteilung aufweisen wird wie im abgelaufenen Jahr - die tatsächlichen zu haltenden Sicherheitsbestände bei verschiedenen Verfügbarkeitsgraden ermitteln. Entsprechende Werte enthält Tabelle 3¹⁾. Zusätzlich zeigt diese Tabelle den jeweils wegen des Grund- und Sicherheitsbestandes zu haltenden Durchschnittsbestand.

1) In Schaubild 14 auf Seite 65 ist zusätzlich noch eine Skala für den Verfügbarkeitsgrad eingezeichnet.

Tabelle 3

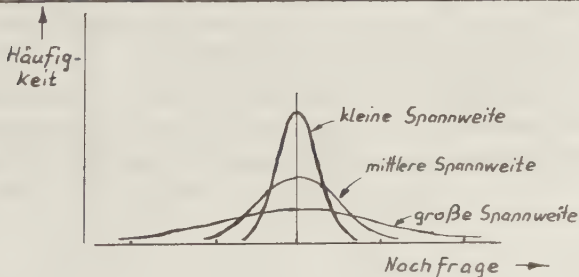
Lagerbestand bei unterschiedlichem Verfügbarkeitsgrad

Verfüg- barkeits- grad %	Grund- bestand	Sicher- heits- bestand	gesamter Be- stand am An- fang der Woche	Durch- schnitts- bestand
50	700	-	700	350
60	700	69	769	419
70	700	143	843	493
80	700	231	931	581
85	700	286	986	636
90	700	330	1 030	680
95	700	451	1 151	801
99	700	640	1 340	990

Zu 2.: Daß die Höhe des Sicherheitsbestandes außer vom Verfügbarkeitsgrad auch von der Spannweite der Schwankung der Nachfrage abhängt, ist nach diesem Beispiel ohne weiteres ersichtlich. Die Spannweite ist bei einer Zufallsvariablen die Differenz zwischen höchster (1300 Einheiten) und niedrigster (100 Einheiten) wöchentlicher Nachfrage. Liegen beide Extremwerte in einem engen Bereich, ist die Standardabweichung klein, während sie bei großen Schwankungen, wie in unserem Beispiel, einen hohen Wert annimmt. Dies verdeutlicht auch die folgende Abbildung 17. Entsprechend der Standardabweichung variiert dann auch der Sicherheitsbestand.

Abb. 17

Beispiele für verschiedene Spannweiten der Nachfrage



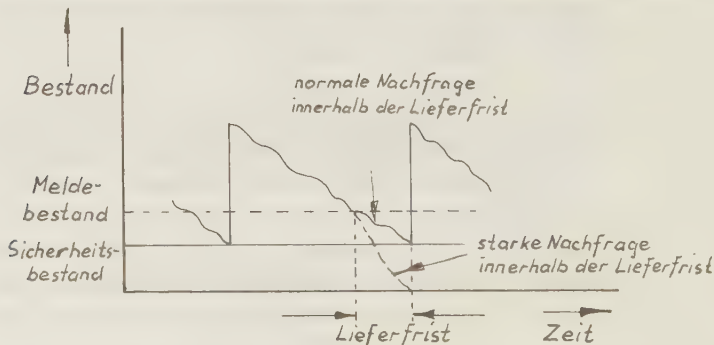
Zu 3.: Außer nach dem gewünschten Verfügbarkeitsgrad und der Spannweite der Nachfrage richtet sich der Sicherheitsbestand ferner nach der Zeitspanne zwischen zwei Nachlieferungen bzw. der Lieferzeit. Wir müssen hier zwei Fälle unterscheiden.

Zu einem Lager kann entweder nach festen vorgegebenen Perioden nachgeliefert werden. Dies ist z. B. der Fall, wenn in der Fertigung nach konstanten Perioden ein Erzeugnis immer wieder aufgelegt oder ein Gebietslager jeweils an einem festen Tag pro Woche beliefert wird. Hier richtet sich der Sicherheitsbestand nach dem Zeitraum zwischen zwei Belieferungen. Je länger dieser ist, um so stärker kann die Nachfrage schwanken, desto höher muß der Sicherheitsbestand sein.

Viele Lager werden nicht nach konstanten Perioden, sondern dann beliefert, wenn ein gewisser Bestand - den man auch mit Meldebestand bezeichnet - unterschritten wird. Dies verdeutlicht Abbildung 18.

Abb. 18

Zusammenhang zwischen Sicherheitsbestand und Lieferzeit



Der Sicherheitsbestand hat hier die Aufgabe als Puffer für Nachfrageschwankungen zwischen dem Zeitpunkt der Nachbestellung und dem Eingang der Ware zu dienen. Entsprechend dieser Zeitspanne variiert auch der erforderliche Sicherheitsbestand, d. h. bei längeren Lieferzeiten ist ein höherer Sicherheitsbestand zu halten als bei kürzeren.

423 Lagerbestand bei mehreren Lagerorten auf einer Stufe

423.1 Grundbestand

Bisher haben wir jeweils einen Lagerort betrachtet und geprüft, wovon dort die Höhe des Grund- und Sicherheitsbestandes abhängt. Wir wollen jetzt untersuchen, welche Wirkungen sich auf den Bestand ergeben, wenn in der Versandstruktur mehrere Lagerorte vorhanden sind. Dabei versuchen wir zuerst, die Wirkungen auf den Bestand aufzuzeigen, wenn mehrere Lagerorte auf einer Stufe nebeneinander angeordnet sind.

Die Wirkungen auf die Höhe des Grundbestandes hängen im wesentlichen von der Art der Belieferung ab. Um dies zu verdeutlichen, gehen wir von einem einfachen Beispiel aus.

Wir nehmen zuerst an, von einem Lagerort aus wird das gesamte Absatzgebiet bedient. Die Nachfrage pro Woche beträgt 53 Einheiten. Wenn das Lager jeweils einmal am Anfang der Woche beliefert wird, ist der Maximalwert des Grundbestandes 53 Einheiten und der durchschnittliche Bestand $26 \frac{1}{2}$ Einheiten.

Wir wollen jetzt annehmen, das Gesamtgebiet wird statt von einem von zwei Lagerorten aus beliefert.

Jedes Lager versorgt ein etwa gleich großes Gebiet. Das Lager im Gebiet I muß pro Woche 25 Einheiten, das Lager im Gebiet II pro Woche 28 Einheiten ausliefern. Wenn beide Lagerorte ebenfalls jeweils am Anfang der Woche ihre Nachlieferungen erhalten, wird im Lager I ein maximaler Grundbestand von 25 Einheiten, im Lager II ein solcher von 28 Einheiten, insgesamt 53 Einheiten gehalten.

Diese Zahlen und die sich ergebenden Durchschnittsbestände sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Es zeigt sich, daß hier kein Unterschied in der Gesamthöhe der Bestände gegenüber einem einzigen Lagerort eintritt.

Dies gilt jedoch nur solange die beiden Lagerorte ebenso häufig beliefert werden, wie der anfangs existierende einzige Lagerort. Wird dagegen die Zahl der Belieferungen konstant gehalten und beim Übergang von einem zu zwei Lagerorten, da jedes Lager kleinere Mengen benötigt, jeder abwechselnd alle zwei Wochen beliefert, so verdoppeln sich die Bestände. Die entsprechenden Zahlen zeigt ebenfalls Tabelle 4.

Wir haben bisher eine Belieferung nach jeweils konstanten Perioden unterstellt. Eine Unternehmung kann auch die Belieferungspolitik verfolgen, konstante Mengen anzuliefern und den Bestand dann zu ergänzen, wenn dieser aufgebraucht ist. Kehren wir wieder zu unserem Beispiel zurück und unterstellen, daß die Unternehmung, solange sie nur einen Lagerort im gesamten Absatzgebiet unterhält, jeweils 53 Einheiten anliefert und diese ergänzt, wenn sie aufgebraucht sind. Behält sie diese Anlieferungsmenge bei, wenn sie statt einem zwei Lagerorte im Absatzgebiet hat,

Tabelle 4

Grundbestand und Durchschnittsbestand bei zwei Lagerorten und
unterschiedlicher Belieferung

	Gesamtbestand	Gebiet I	Gebiet II
1) Periodische Anlieferung			
a) Lieferung einmal pro Woche			
max. Grundbestand	53	25	28
Durchschnittsbestand	26 1/2	12 1/2	14
b) Lieferung alle zwei Wochen			
max. Grundbestand	106	50	56
Durchschnittsbestand	53	25	28
2) Anlieferung einer konstanten Menge			
max. Grundbestand	106	53	53
Durchschnittsbestand	53	26 1/2	26 1/2

so verdoppelt sich ebenfalls der Gesamtbestand, wie die Zahlen in Tabelle 4 zeigen.

Ob die Aufnahme eines ZL zu einer Verminderung des erforderlichen gesamten Grundbestandes in der Versandstruktur führt, vor allem wenn wir Typ I und II mit Typ Ia und IIa vergleichen, läßt sich nach diesen Ausführungen nicht sofort beantworten. Das richtet sich - wie wir eben sahen - nach der Art der Belieferung. Nehmen wir an, die Fertigung der einzelnen Erzeugnisse erfolgt in Losen, so lassen sich zwei Fälle unterscheiden.

Wenn ein Los eines Erzeugnisses gefertigt ist, werden alle Lager in der Stufe 2 der Strukturen Typ Ia und IIa entsprechend der von ihnen zu deckenden Nachfrage beliefert. Bei dieser Belieferungsart führt die Zusammenfassung der Lager dieser Stufe zu einem ZL zu keiner Verminderung des Grundbestandes.

Gehen wir jedoch davon aus, daß die gefertigten Lose jeweils abwechselnd zu den einzelnen Lagern auf Stufe 2 in Typ Ia und IIa transportiert werden, so führt eine Zusammenfassung der Lager zu einem ZL zu einer Verminderung des zu haltenden Grundbestandes.

423.2 Sicherheitsbestand

Beim bisher betrachteten Grundbestand sind wir davon ausgegangen, daß die Nachfrage konstant ist. Schwankt diese, wirkt sich das auf den zu haltenden Sicherheitsbestand aus. Diese Wirkungen wollen wir jetzt untersuchen.¹⁾

1) Vgl. Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J., Physical Distribution Management, a. a. O., S. 218 ff.

Dabei gehen wir wieder von dem bereits beim Grundbestand behandelten Beispiel aus, wandeln das aber entsprechend ab. Wir nehmen wieder zuerst an, das Absatzgebiet wird von einem Lagerort aus beliefert und betrachten anschließend die sich ergebenden Konsequenzen, wenn wir statt von einem von zwei Lagerorten aus die Belieferung vornehmen.

Die durchschnittliche Nachfrage eines Erzeugnisses im Gesamtabatzgebiet soll wieder im Durchschnitt 53 Einheiten betragen. Im Gegensatz zum bisherigen Beispiel nehmen wir jedoch an, daß diese schwankt. In Tabelle 5 ist die tatsächliche Nachfrage über einen Zeitraum von 10 Wochen aufgezeigt. Diese schwankt zwischen 43 und 63 Einheiten pro Woche. In der Tabelle sind die Fehlmengen errechnet, die in den einzelnen Wochen nicht ausgeliefert werden können, wenn lediglich der Grundbestand von 53 Einheiten gehalten wird.

Tabelle 5

Fehlmengen bei schwankender Nachfrage und Haltung
lediglich des Grundbestandes an einem Lagerort

Woche	Nachfrage	Grundbestand	Fehlmengen
1	60	53	7
2	51	53	0
3	63	53	10
4	49	53	0
5	50	53	0
6	55	53	2
7	48	53	0
8	43	53	0
9	57	53	4
10	61	53	7

Der Maximalwert der nicht befriedigten Nachfrage pro Woche beträgt 10 Einheiten. Unter der Voraussetzung, daß auch in künftigen Perioden die Nachfrage zwischen denselben Extremwerten schwankt, muß das Unternehmen, wenn es einen Verfügbarkeitsgrad von 100 Prozent anstrebt, einen Sicherheitsbestand von 10 Einheiten halten. Der durchschnittliche Warenbestand beträgt in diesem Fall 36,5 Einheiten (Durchschnittsbestand: $1/2 \cdot 53 + 10 = 36,5$).

Wir nehmen jetzt an, das gesamte Absatzgebiet wird von zwei Lagerorten aus bedient. Jedes Lager beliefert ein etwa gleich großes Gebiet. Wir betrachten wieder 10 Wochen. Die Gesamtnachfrage in den einzelnen Wochen und beiden Gebieten zusammen weist dieselben Werte auf wie bei Belieferung von einem Lagerort aus. Zusätzlich treten jedoch in den einzelnen Gebieten Schwankungen auf. In Tabelle 6 ist die Nachfrage in beiden Gebieten in den einzelnen Wochen zusammengestellt und wieder errechnet, welche Fehlmengen auftreten, wenn jeweils lediglich der Grundbestand gehalten wird.

Tabelle 6

Fehlmengen bei schwankender Nachfrage und Haltung
lediglich des Grundbestandes an zwei Lagerorten

Woche	<u>Lager I</u>			<u>Lager II</u>		
	Nach- frage	Grund- bestand	Fehl- menge	Nach- frage	Grund- bestand	Fehl- menge
1	35	25	10	25	28	0
2	15	25	0	36	28	8
3	21	25	0	42	28	14
4	35	25	10	14	28	0
5	26	25	1	24	28	0
6	17	25	0	38	28	10
7	32	25	7	16	28	0
8	29	25	4	14	28	0
9	24	25	0	33	28	5
10	19	25	0	42	28	14

Aus Lager I können pro Woche maximal 10, aus Lager II maximal 14 Einheiten nicht ausgeliefert werden. Unter der Voraussetzung, daß auch in künftigen Perioden die Nachfrage zwischen den aufgetretenen Extremwerten schwankt, muß das Unternehmen, wenn es einen Verfügbarkeitsgrad von 100 Prozent erreichen will, am Lager I einen Sicherheitsbestand von 10 Einheiten und am Lager II von 14 Einheiten führen. Der Sicherheitsbestand erhöht sich somit, wenn statt einem zwei Lager den Markt bedienen, von 10 auf 24 Einheiten. Entsprechend steigt auch der Durchschnittsbestand von $36 \frac{1}{2}$ auf $50 \frac{1}{2}$ Einheiten (Durchschnittsbestand: $\frac{1}{2} \cdot 53 + 10 + 14 = 50,5$).

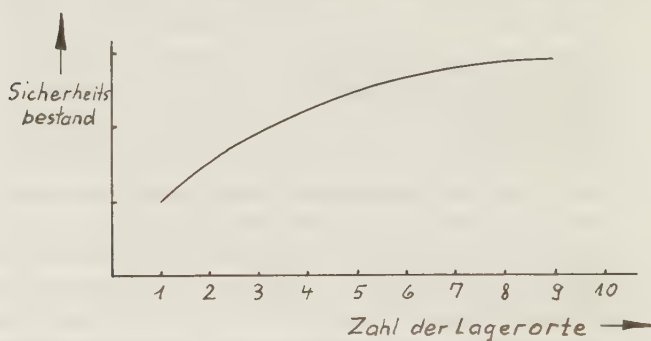
Teilt man bei schwankender Nachfrage ein Gesamtgebiet in mehrere Teilgebiete auf, so wird sich diese dort in der Regel unterschiedlich verhalten. Wenn sie in einer Periode in einem der beiden Gebiete gerade hoch ist, erreicht sie vielleicht im anderen gerade einen Tiefstwert und umgekehrt. Diese Schwankungen gleichen sich zum Teil aus, wenn man beide Gebiete zu einem zusammenfaßt. Diese unterschiedlichen Nachfrageschwankungen in Teilgebieten führen dazu, daß bei Belieferung von zwei Lagerorten aus ein höherer Sicherheitsbestand gehalten werden muß als bei Versorgung des Gesamtgebiets von einem einzigen Lager aus.

Diese Steigerung des Sicherheitsbestandes setzt sich fort, wenn ein Gebiet statt von zwei, von drei oder mehr Lagerorten aus bedient wird. Den allgemeinen Zusammenhang zwischen Zahl der Lagerorte und Höhe des erforderlichen Sicherheitsbestandes versucht

Schaubild 19¹⁾ zu verdeutlichen.

Abb. 19

Wirkungen der Zahl der Lagerorte auf den Sicherheits-
bestand



Die abgebildete Kurve gibt lediglich die Tendenz an. Mit welcher Steigerung in Wirklichkeit gerechnet werden muß, richtet sich nach dem tatsächlichen Verhalten der Nachfrage in den einzelnen Teilgebieten. Amerikanische Autoren²⁾ vertreten - ohne nachprüfbare Begründung - die Ansicht, daß im allgemeinen der Sicherheitsbestand mit der Zahl der Lagerorte, wie es

1) u. 2) Vgl. Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J., Physical Distribution Management, a. a. O., S. 221.

durch folgende Formel ausgedrückt wird, steigt.¹⁾

$$s_n = s_1 \sqrt{n}$$

n = Zahl der Lagerorte

s_n = Sicherheitsbestand bei n Lagerorten

s_1 = Sicherheitsbestand bei einem Lagerort

Wenn wir jetzt wieder die Versandstrukturen vom Typ I und II mit den Typen Ia und IIa vergleichen, stellen wir fest, daß die Zusammenfassung der Lager auf Stufe 2 zu einem ZL auf jeden Fall zu einer Verminderung des Sicherheitsbestandes führt. Die Höhe dieser Verminderungen richtet sich nach dem tatsächlichen Verhalten der Nachfrage.

Wenn wir unterstellen, zwischen Zahl der Lagerorte und Sicherheitsbestand gilt genau der Zusammenhang, wie er durch obige Formel ausgedrückt wird und wie ihn graphisch Abbildung 19 zeigt, so gilt folgendes: Die Steigerungsrate des Sicherheitsbestandes ist beim Übergang von einem zu zwei Lagerorten am höchsten. Sie nimmt dann mit der Zahl der Lagerorte ständig ab. Das bedeutet, daß die Zusammenfassung der beiden Lager auf der zweiten Stufe bei den Typen Ia und IIa zu einem ZL bei gleichem Verfügbarkeitsgrad zu einer nicht geringen Verminderung der Bestände und damit der Kapitalbindung führt.

1) Wenden wir diese Formel für das eben behandelte Beispiel an, so müßte der gesamte zu haltende Sicherheitsbestand, wenn statt von einem von zwei Lagerorten ausgeliefert wird, von 10 auf 14 Einheiten steigen. In diesem Beispiel muß jedoch ein höherer Sicherheitsbestand gehalten werden, da die Nachfrage in den Teilgebieten extreme Schwankungen aufweist.

424 Lagerbestand bei mehreren Lagerstufen

424.1 Grundbestand

Nachdem wir bisher die Wirkungen auf den Bestand bei verschiedener Zahl von Lagerorten auf einer Stufe betrachteten, wollen wir uns jetzt einer mehrstufigen Versandstruktur zuwenden. Dabei untersuchen wir zuerst die Wirkungen auf den Grundbestand.

Die Bestände in den einzelnen Stufen einer Versandstruktur werden jeweils von der vorgeschalteten Lagerstufe bzw. der Fertigung nachgefüllt. In der Versandstruktur mit ZL erhalten die Gebietslager jeweils Nachlieferungen von dem ZL. Der Bestand dort wird - sieht man von den Werklagern ab, in denen die Ware nur bis zum Zusammenstellen einer Wagenladung bleibt - aus der Fertigung ergänzt. Das bedeutet, die Gebietslager geben in der Regel Nachlieferungsaufträge an das ZL. Dieses erteilt entsprechende Aufträge an die Fertigung. Die Auftragserteilung erfolgt innerhalb der Kommunikation.

Die Bestände innerhalb einer mehrstufigen Versandstruktur hängen nun wesentlich davon ab, ob die Stufe, die Rückaufträge an die Fertigung erteilt, die Bestände in der folgenden Gebietslagerstufe kennt oder nicht.

Dies ist vor allem eine Frage der Bestandsführung innerhalb der Kommunikation.

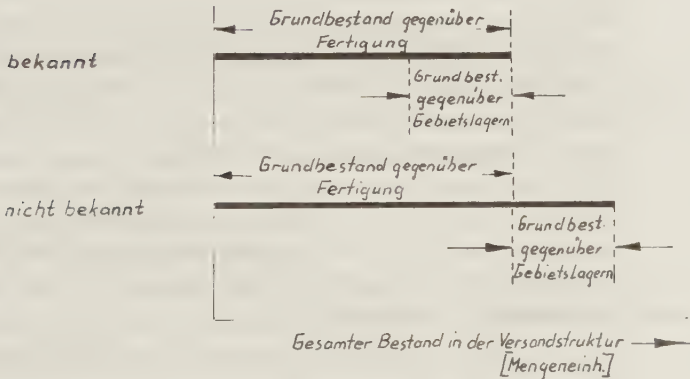
Wenn die Stufe, die Rückaufträge an die Fertigung erteilt, über die Bestände in der folgenden Gebietslagerstufe informiert ist, wird sie diese bei ihren Aufträgen berücksichtigen, d. h. sie wird in der Regel später oder weniger bestellen als wenn sie diese nicht kennt. Dies bedeutet, ist die Stelle, die Aufträge gegenüber der Fertigung erteilt, über den Bestand in

den Gebietslagern unterrichtet, ist der dort gehaltene Grundbestand innerhalb des Grundbestandes gegenüber der Fertigung enthalten. Ist sie nicht informiert, wird der Grundbestand in den Gebietslagern zusätzlich zum Grundbestand gegenüber der Fertigung gehalten. Dies verdeutlicht auch nochmals Abbildung 20.

Abb. 20

Abhängigkeit des Grundbestandes von der Kommunikation

Bei Aufträgen gegenüber
der Fertigung ist
Grundbestand in den
Gebietslagern



Der Grundbestand gegenüber der Fertigung hängt wesentlich von dieser ab. Er interessiert daher hier nicht weiter.

Für den Fall, daß die Stelle, die Aufträge gegenüber der Fertigung erteilt, den Bestand in den Gebietslagern nicht kennt und beide Grundbestände nebeneinander gehalten werden müssen, wollen wir jetzt überlegen, wonach sich der Grundbestand in der Gebietslagerstufe richtet.

Der Zweck des Grundbestandes im einzelnen Lagerort ist, zwischen zwei Nachlieferungen aus der vorge-schalteten Stufe Ware bereitzuhalten. Ist diese Zeitspanne kurz, kann dieser klein sein. Bei längeren Zeiträumen muß dagegen ein entsprechend höherer Grundbestand gehalten werden. Da der Grundbestand in jedem Lagerort der Gebietslagerstufe vorrätig sein muß, ist er ferner abhängig von der Lagerortzahl.

Wir wollen jetzt wieder die Strukturen mit Z1 den Vergleichsstrukturen gegenüberstellen. Dabei interessieren jetzt lediglich die mehrstufigen Strukturen (Typ II bzw. Typ IIa und IIb).

Wir sahen, daß die Höhe der Bestände in einer mehrstufigen Versandstruktur wesentlich von der Bestandsführung innerhalb der Kommunikation abhängt, vor allem davon, ob die Stelle, die Rückaufträge an die Fertigung erteilt auch über die Bestände in den Gebietslagern informiert ist.

In der Regel wird diese Information über die Bestände in den Gebietslagern nur bei zentraler Bestandsführung für die gesamte Versandstruktur verfügbar sein. Diese zentrale Bestandsführung bietet sich an, wenn ein großer Teil der Bestände in einem ZL zusammengefaßt ist. Sie wird meist nicht vorhanden sein, wenn die

Hauptlager - wie in den Strukturen IIa (Stufe 2) und IIb (Stufe 1) - auf mehrere Orte verteilt sind.¹⁾

Wenn keine zentrale Bestandsführung vorhanden ist und der Grundbestand in den Gebietslagern zusätzlich gehalten werden muß, richtet sich dieser - wie wir sahen - nach der Häufigkeit der Belieferung. Vergleichen wir Typ II mit Typ IIa, so dürfte hier im allgemeinen kein Unterschied hinsichtlich der Belieferungshäufigkeit der Gebietslager bestehen. Anders ist es, wenn wir Typ II und Typ IIb gegenüberstellen. Beim Typ IIb beliefert jedes Werklager jedes Gebietslager, so daß hier viele Belieferungswege existieren. Im allgemeinen werden wir annehmen dürfen, daß die Häufigkeit der Belieferung umgekehrt proportional der Zahl der Wege ist.²⁾ Je mehr einzelne Wege zurückzulegen sind, desto seltener erfolgt ein Transport auf einem einzelnen Weg. In der Struktur vom Typ IIb werden daher in den Gebietslagern in der Regel höhere Bestände zu halten sein.

Der Nachteil der Versandstruktur Typ II, daß hier drei Lagerstufen existieren, fällt dagegen wohl in der Regel kaum ins Gewicht, da die Lager im Anschluß an die Fertigung sehr kleine Bestände (lediglich bis zu einer Ladeinheit) führen und nur wenige dieser Lager vorhanden sind.

424.2 Sicherheitsbestand

Innerhalb einer mehrstufigen Versandstruktur sind zwei Arten von Sicherheitsbeständen zu unterscheiden.

Es muß hier einerseits ein Sicherheitsbestand vorhanden sein, der als Puffer für die gesamte Versandstruktur bei Nachfragesteigerungen zwischen zwei Nachlieferungen aus der Fertigung dient. Er wird in der Ver-

1) Vgl. S. 132 ff.

2) Vgl. S. 92 ff.

sandstruktur mit ZL dort gehalten. Seine Höhe richtet sich¹⁾ nach dem gewünschten Verfügbarkeitsgrad für Nachlieferungen ab ZL, den Schwankungen der Nachfrage innerhalb der gesamten Versandstruktur und der Zeitspanne zwischen zwei Nachlieferungen aus der Fertigung bzw. deren Lieferzeit. Im allgemeinen wird man einen so hohen Sicherheitsbestand halten, daß der Verfügbarkeitsgrad für Nachlieferungen ab ZL annähernd 100 Prozent erreicht. Die übrigen Faktoren, die Schwankungen der Nachfrage und die Zeitspanne zwischen zwei Nachlieferungen bzw. die Lieferzeit, richten sich nach von der Versandstruktur selbst überwiegend nicht beeinflussbaren Daten.

Daneben müssen zusätzlich noch Sicherheitsbestände an den einzelnen Gebietslagern vorhanden sein, um Nachfragesteigerungen zwischen zwei Nachlieferungen abfangen zu können. Die Höhe dieser Sicherheitsbestände richtet sich nach dem gewünschten Verfügbarkeitsgrad für Sofortauslieferungen ab Gebietslager, den Schwankungen der Nachfrage im einzelnen Gebiet und der Zeitspanne zwischen zwei Nachlieferungen. Hiervon sind von der Versandstruktur selbst beeinflussbar der Verfügbarkeitsgrad für Sofortauslieferungen und die Zeitspanne zwischen zwei Nachlieferungen.

Um keine allzu hohen Bestände an den Gebietslagern halten zu müssen, wird man sich hier zum Teil mit niedrigen Verfügbarkeitsgraden für Sofortauslieferungen begnügen. Dabei kann dieser im allgemeinen um so niedriger sein, je kürzer die Lieferfrist aus der vorgeschalteten Lagerstufe ist. Diese Lieferzeit richtet sich einerseits nach der Zeit für Auftragsübertragung innerhalb der Kommunikation, zum anderen aber vor allem - da man nicht für jede Nachlieferung eines Erzeugnisses einen eigenen Transport durchführen, sondern jeweils warten wird, bis die nächste Nachlieferung des Lagers fällig ist - nach der Häufigkeit der Belieferung.

1) Vgl. S. 64.

Da außerdem der Sicherheitsbestand selbst von der Häufigkeit der Belieferung abhängt, wird diese zum wichtigsten Bestimmungsfaktor seiner Höhe. Im allgemeinen kann somit der Sicherheitsbestand an den Gebietslagern um so niedriger sein, je häufiger aus der vorgeschalteten Stufe nachgeliefert wird. Wenn der Abstand zwischen zwei Nachlieferungen nur noch zwei bis drei Tage beträgt, wird in der Regel für einen großen Teil der Erzeugnisse - vor allem die langsam sich umschlagenden Produkte - kein Sicherheitsbestand mehr erforderlich sein.

Wenn wir jetzt wieder versuchen, die Versandstruktur mit ZL - vor allem hier bei Betrachtung einer mehrstufigen Struktur - Typ II mit Typ IIa und IIb zu vergleichen, so können wir folgendes feststellen.

Beim Sicherheitsbestand für Nachfrageschwankungen zwischen zwei Nachlieferungen aus der Fertigung bringt vor allem Typ II Vorteile gegenüber Typ IIa. Darauf wurde bereits im letzten Abschnitt hingewiesen.¹⁾

Beim Typ IIb wird jedes Erzeugnis lediglich in einem Werklager für alle Gebietslager bereitgehalten, so daß sich hinsichtlich des Sicherheitsbestandes für Nachfragesteigerungen zwischen zwei Nachlieferungen aus der Fertigung keine Vorteile gegenüber der Struktur des Typs II ergeben.

Betrachten wir jetzt den Sicherheitsbestand an den Gebietslagern, der im wesentlichen von der Häufigkeit der Belieferung abhängt, so ist es umgekehrt. In Typ IIa werden die Gebietslager ebenso häufig von der vorgeschalteten Stufe beliefert wie beim Typ II, so daß hier kein Unterschied im erforderlichen Sicherheitsbestand besteht.

1) Vgl. S. 81.

Anders ist es beim Typ IIb. Dort wird jedes Gebietslager von jedem Werklager bedient. Es sind hier - wie wir bereits gesehen haben - mehr Wege zurückzulegen. Auf dem einzelnen Weg wird deshalb in der Regel seltener ausgeliefert werden. Hier ist somit einerseits wegen der längeren Frist zwischen zwei Belieferungen ein hoher Sicherheitsbestand zu halten.

Zum anderen führt diese längere Zeitspanne zwischen zwei Belieferungen zu höheren durchschnittlichen Lieferzeiten, wodurch im allgemeinen ein höherer Verfügbareitsgrad gefordert werden dürfte, was zusätzlich eine Erhöhung des Sicherheitsbestandes bewirkt.

43 Wirkungen auf die Transporte

431 Transportarten

Die von der Versandstruktur zu bewältigende Transportaufgabe wird vornehmlich bestimmt durch

- die durchzuführenden Transportarten
- die zu bewältigenden Transportmengen und
- die zurückzulegenden Transportentfernungen.

Diese drei Faktoren sind eng verknüpft und wirken gegenseitig aufeinander ein. So beeinflussen z. B. die Transportarten die Transportmengen und Transportentfernungen. Diese hängen jedoch ihrerseits wieder von den Transportarten ab. Nach allen drei Faktoren richten sich die Lieferhäufigkeit und die innerhalb der Versandstruktur eingesetzten Transportmittel.

Alle drei Faktoren werden von den übrigen Komponenten der Versandstruktur beeinflusst, wirken selbst aber wieder auf diese ein. So kann z. B. die Zahl der La-

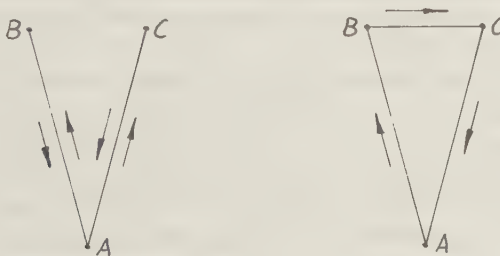
gerorte sowohl die Transportarten als auch die Transportmengen und -entfernungen mitbestimmen. Diese dagegen beeinflussen über die Lieferhäufigkeit die in den Lagern zu haltenden Bestände.

Um die Wirkungen auf die Transporte trotz dieser komplexen Zusammenhänge zu analysieren, wollen wir die einzelnen Faktoren stark isoliert nacheinander betrachten.

Nach der Zahl der Empfänger können wir zwei Transportarten unterscheiden, und zwar Einzeltransporte und Transporte im Rahmen einer Tourenverbindung. Beim Einzeltransport wird die Ware von einem Absender zu einem Empfänger befördert. Dagegen wird bei der Tourenverbindung die Ware jeweils pro Transport innerhalb eines Rundreiseweges zu mehreren Empfängern gebracht. Wann Einzeltransporte und wann eine Tourenverbindung gewählt werden, wollen wir uns anhand eines einfachen Beispiels, das in Abb. 21 dargestellt ist, zu verdeutlichen versuchen.

Abb. 21

Beispiel für den Vergleich von Einzeltransporten und
Tourenverbindungen



Von einem Punkt A sind Güter zu zwei Punkten B und C zu transportieren. Links in der Abbildung sind die Wege bei Einzeltransporten, rechts dieselbe Situation mit Tourenverbindung eingezeichnet. Die Strecken zwischen den einzelnen Punkten bezeichnen wir mit AB, AC und BC.

Die gewählte Transportart richtet sich einmal nach den eingesetzten Transportmitteln. Mit einem Teil möglicher Transportmittel (z. B. Bahn, Post) können jeweils nur Einzeltransporte ausgeführt werden.

Nehmen wir an, es werden lediglich Transportmittel benutzt, mit denen sowohl Einzeltransporte als auch Tourenverbindungen durchgeführt werden können und die Transportkosten sind den Entfernungen proportional, so sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Die Entfernung BC ist größer als die Summe der Strecken AB und AC.
2. Die Entfernung BC ist kleiner als die Summe der Strecken AB und AC.

Zu 1.: Hier wird man, um die zu fahrenden Strecken zu minimieren, mit Einzeltransporten ausliefern.

Zu 2.: In diesem Fall sind abhängig von der zu befördernden Menge drei Unterfälle zu unterscheiden. Die von A nach B und C pro Zeitpunkt zu befördernden Mengen sind

- a. kleiner
- b. etwas größer
- c. mehr als doppelt so groß

als die Ladefähigkeit eines Transportmittels.

Zu a.: Sind die zu transportierenden Mengen kleiner als die Ladefähigkeit eines Transportmittels, wird

man im Rahmen einer Tourenverbindung ausliefern. Es sind dann die Strecken AB, BC und AC zurückzulegen. Bei Auslieferung mit Einzeltransporten wären jeweils zweimal die Strecken AB und AC zu befahren.

Zu b.: Übersteigen die zu befördernden Mengen die Ladefähigkeit eines Transportmittels etwas, wird man Einzeltransporte wählen. Es sind dann jeweils zweimal die Strecken AB und AC zurückzulegen. Bei Auslieferung im Rahmen einer Tourenverbindung müßten jeweils zweimal die Strecken AB, BC und AC befahren werden.

Zu c.: Ist die zu befördernde Menge mehr als doppelt so groß als die Ladefähigkeit eines Transportmittels, wird man ebenfalls Einzeltransporte durchführen, zum Teil vielleicht die Spitzen im Rahmen einer Tourenverbindung ausliefern.

In dem eben untersuchten Beispiel haben wir eine Zeitpunkt Betrachtung durchgeführt. In der Realität müssen die Transporte jeweils innerhalb eines gewissen Zeitraums erfolgen. Hier ist dann zusätzlich noch die gewünschte Lieferhäufigkeit zu berücksichtigen.

Wir kehren wieder zu unserem Beispiel zurück und nehmen an, zu beiden Punkten B und C ist von A aus insgesamt eine etwas über der Ladefähigkeit des eingesetzten Transportmittels liegende Menge pro Periode zu befördern. Unter dem Gesichtspunkt, die zurückzulegenden Entfernungen zu minimieren, sind dann - wie wir sahen - Einzeltransporte zu wählen. Fördert die gewünschte Lieferhäufigkeit jedoch zweimalige Auslieferung pro Periode an jedem der Punkte B und C, wird man trotzdem die Transporte innerhalb einer Touren-

verbindung durchführen. Bei Tourenverbindung ist zweimal der Rundreiseweg, bei Einzeltransporten dagegen sind jeweils zweimal die Strecken AB und AC hin und zurück zurückzulegen.

Zusammenfassend können wir aufgrund dieses Beispiels feststellen: Soweit Transportmittel eingesetzt werden, bei denen sowohl Einzeltransporte als auch Tourenverbindungen möglich sind, richtet sich die gewünschte Transportart nach den beförderten Mengen, der Lieferhäufigkeit und der Ladefähigkeit des Transportmittels.

Gehen wir von einer angenommenen Lieferhäufigkeit und Ladefähigkeit aus, so können wir folgende Tendenz angeben. Sind kleine Mengen zu den Empfangspunkten zu transportieren, wird im Rahmen einer Tourenverbindung ausgeliefert. Bei sehr großen, die Ladefähigkeit eines Transportmittels mehrfach übersteigenden Mengen wird man dagegen Einzeltransporte durchführen.

Um daraufhin Aussagen über die in der Versandstruktur mit ZL und in den Vergleichsstrukturen zwischen den einzelnen Stufen zu wählenden Transportarten treffen zu können, wollen wir jetzt die Mengenströme untersuchen.

432 Transportmengen

In der Versandstruktur ist zwischen jedem Lagerort auf einer Stufe und jedem Lagerort auf der folgenden bzw. jedem Abnehmer eine gewisse Menge pro Periode zu transportieren. Wir wollen diese pro Periode zwischen zwei Punkten zu befördernde Menge mit Mengenstrom bezeichnen.

Die Zahl der Mengenströme (s) richtet sich jeweils nach der Zahl der möglichen Absender (a) und Empfangs-

stellen (e). Es gilt:

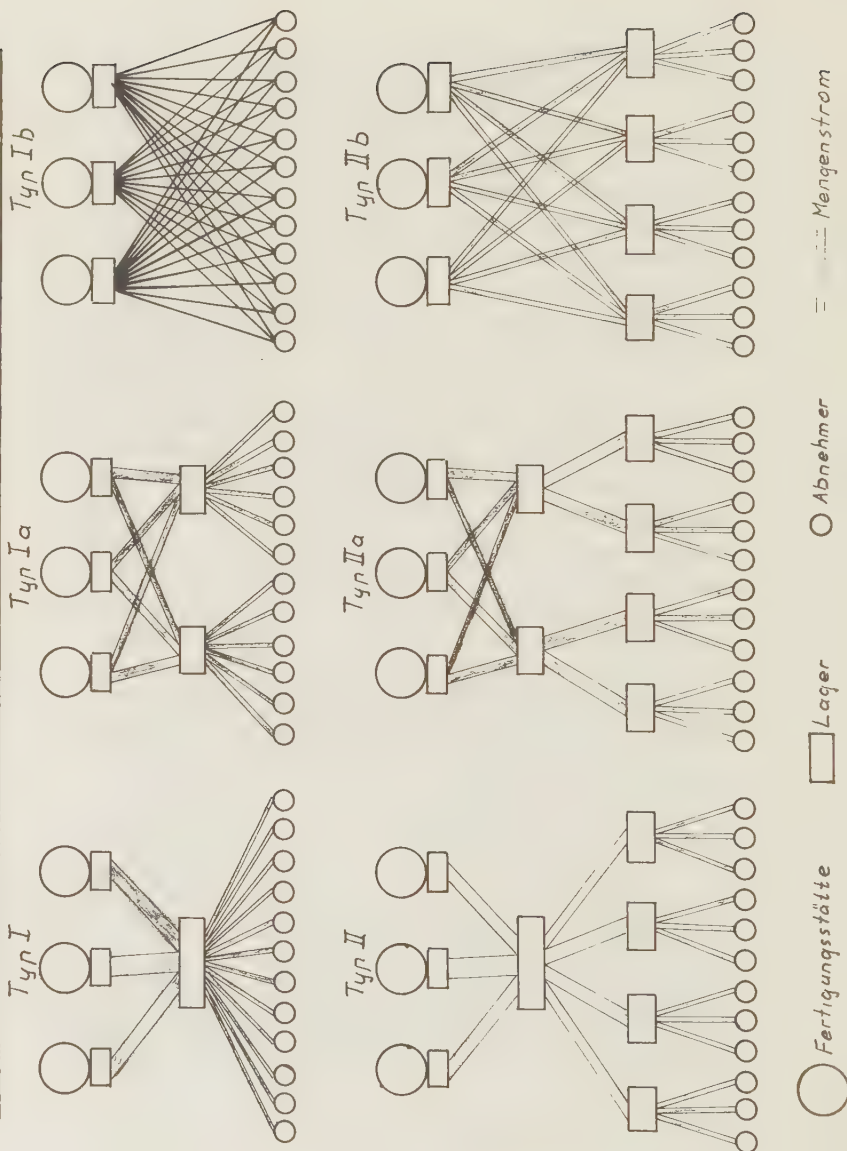
$$s = a \cdot e$$

Die Zahl der einzelnen Mengenströme zwischen zwei Lagerstufen bzw. der letzten Stufe und den Abnehmern ist um so größer, je höher die Zahl der Lagerorte auf den einzelnen verbundenen Stufen bzw. der Abnehmer ist.

Hier interessiert vor allem der durchschnittliche Umfang des einzelnen Stromes, d. h. die durchschnittliche, zwischen zwei Punkten zu befördernde Menge pro Zeiteinheit. Diese ist, geht man von einer konstanten Transportmenge zwischen zwei Lagerstufen bzw. der letzten Lagerstufe und den Abnehmern aus, der Zahl der Mengenströme umgekehrt proportional. Die durchschnittliche Transportmenge ist somit um so größer, je geringer die Zahl der Ströme, d. h. die Zahl der Lagerorte auf den einzelnen verbundenen Stufen bzw. der Abnehmer ist. In Abbildung 22 auf Seite 94 sind für ein angenommenes einfaches Beispiel die Mengenströme in den Versandstrukturen mit ZL und ihren Vergleichsstrukturen gegenübergestellt. Das Beispiel ist stark vereinfacht.

Es gelten folgende Annahmen. Es ist jeweils eine konstante Gesamtmenge von drei Fertigungsstätten zu 12 Abnehmern zu verteilen. Soweit die Verteilung über Gebietslager erfolgt, sind jeweils vier eingeschaltet. Der Umfang der Menge wird durch die Breite des jeweiligen Stroms ausgedrückt. Von jeder Fertigungsstätte wird die gleiche Menge abgegeben. Wenn ein Lager an mehrere Empfangsstellen Ware verteilt, erhält jede einen gleich großen Anteil.

Beispiel für Mengenströme in den Versandstrukturen mit ZL und den Vergleichsstrukturen



Trotz der starken Vereinfachungen zeigt die Abbildung deutlich den Umfang der jeweils zwischen den einzelnen Punkten in den verschiedenen Strukturen zu transportierenden Mengen.

Wir wollen jetzt versuchen, unter Berücksichtigung der Transportarten und auch - soweit möglich - der Lieferhäufigkeit die einzelnen Strukturen zu vergleichen. Dabei beginnen wir mit den Strukturen ohne Gebietslager.

In der Versandstruktur mit ZL sind zwischen den Werklagern und dem ZL große Mengen zu transportieren. Hierfür wird man in der Regel Einzeltransporte wählen. Ab ZL teilen sich die Mengen auf die Abnehmer auf. Hier wird man häufig im Rahmen einer Rundtour ausliefern. Wenn ein einzelner Abnehmer große Mengen bezieht, kann man ihn auch mittels Einzeltransporten bedienen. Diese Versandstruktur dürfte man häufig dann antreffen, wenn man nur oder überwiegend Großabnehmer beliefert. In diesem Fall wird man mit Einzeltransporten ausliefern. Bei vielen kleinen Abnehmern eignet sich diese Struktur nicht mehr. Man wird dann im allgemeinen nicht ohne Gebietslager auskommen.

Die Struktur vom Typ Ia unterscheidet sich kaum von der Struktur mit ZL. Zwischen den Werklagern und den Lagern auf Stufe 2 teilen sich die Mengen stärker auf. Trotzdem wird man auch hierfür meist Einzeltransporte wählen. In der Struktur vom Typ Ib teilen sich die Mengen sofort stark auf. Man wird hier überwiegend im Rahmen eines oder mehrerer Rundreisewege ausliefern. Da wir annehmen, daß jedes Werk nur einen Teil des Sortiments fertigt, müssen hier

in diese Rundreise alle Werklager mit einbezogen werden.

Bei der Struktur vom Typ II sind jeweils zwischen Werklager und ZL sowie zwischen ZL und den Gebietslagern große Mengen zu transportieren, so daß man dafür im allgemeinen Einzeltransporte heranziehen wird. Auch bei den Transporten vom ZL zu den Gebietslagern dürften die zu befördernden Mengen im allgemeinen so groß sein, daß - auch unter der Voraussetzung, daß man die Transportmittel voll belädt - eine hohe Lieferhäufigkeit gewährleistet ist. Vom Gebietslager aus wird man dann im allgemeinen die Abnehmer im Rahmen von Tourenverbindungen beliefern.

Typ IIa unterscheidet sich hinsichtlich der Transportmengen und -arten kaum von der Struktur mit ZL.

Beim Typ IIb bedient jedes Werklager jedes Gebietslager, so daß die zwischen den einzelnen Endpunkten zu befördernden Mengen verhältnismäßig klein sind. Wenn man hier versucht, nur mit Einzeltransporten auszuliefern, wird man - unter der Voraussetzung, daß die Transportmittel jeweils voll beladen werden - das einzelne Gebietslager zum Teil nur selten bedienen können. Dadurch sinkt die Lieferhäufigkeit, die sich - wie wir gesehen haben - stark auf die in den Gebietslagern zu haltenden Bestände auswirkt. Um auch bei dieser Struktur keine zu hohen Bestände in den Gebietslagern halten zu müssen, wird man hier zum Teil auch im Rahmen von Rundreiseverbindungen ausliefern.

433 Transportentfernungen

Die innerhalb einer Versandstruktur zurückzulegenden Transportentfernungen hängen sehr stark von den Nebenbedingungen, vor allem der Verteilung der Fertigungsstätten und der Abnehmer sowie deren Verhalten ab. Sie werden darüberhinaus aber auch durch die Struktur des Versandes selbst, vornehmlich die Stufen und die Zahl der Lager bestimmt. Diese Auswirkungen auf die Transportentfernungen wollen wir jetzt untersuchen.¹⁾ Dabei müssen wir die vielfältigen Einflußmöglichkeiten der Nebenbedingungen weitgehend ausschalten versuchen.

Wir gehen wieder von einem sehr vereinfachten Modell aus. Darin sind die Nebenbedingungen als überwiegend konstant angenommen. Anhand des Modells wollen wir - was in der Betriebswirtschaftslehre sehr selten, aber hier doch möglich ist - Aussagen experimentell ermitteln.

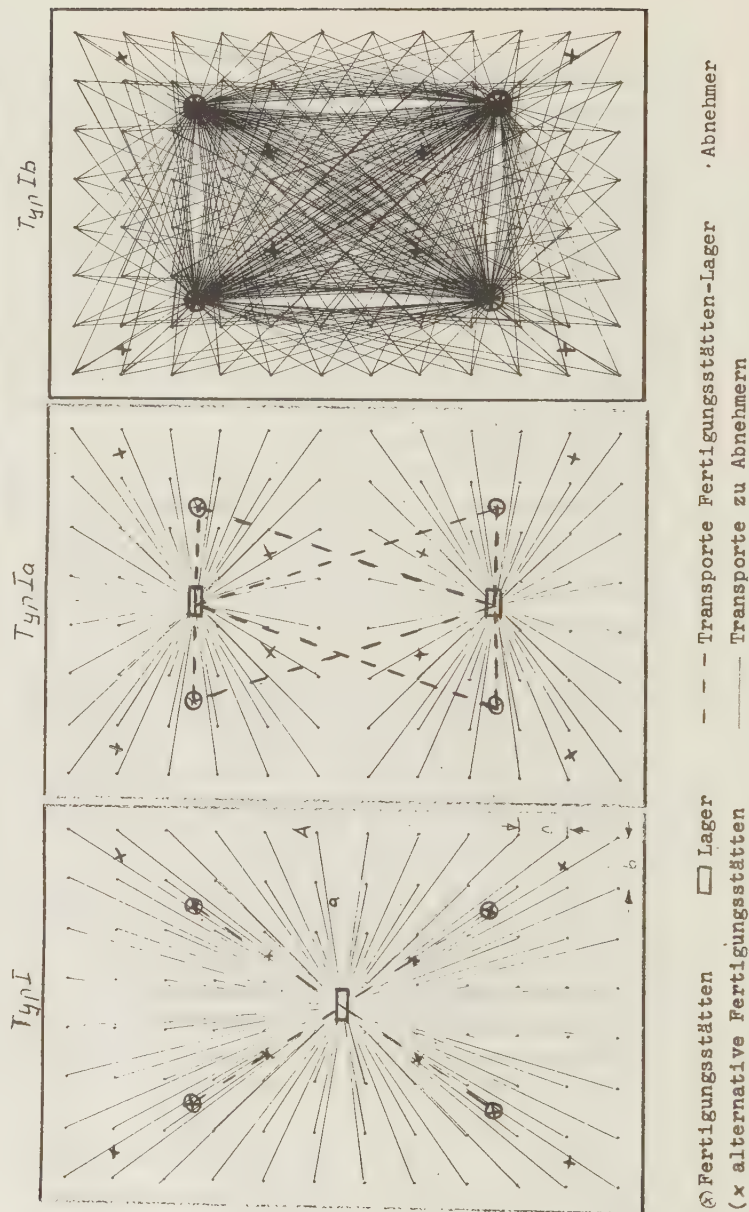
In unserem Modell stellt eine konstante Fläche das Absatzgebiet dar. Darin sind vier Fertigungsstätten und die Abnehmer gleichmäßig verteilt. Ausgehend von diesem Grundmodell versuchen wir nun, Aussagen über die durchschnittlichen Entfernungen bei den Versandstrukturen mit ZL Typ I und II und den Vergleichsstrukturen unter Berücksichtigung verschiedener Transportarten zu erhalten. In Abbildung 23 auf der nächsten Seite sind in das Modellgebiet für die Typen I, Ia und Ib die Transportwege unter der Annahme, daß in Einzeltransporten ausgeliefert wird, eingezeichnet. Dabei stellen die Kreise mit Kreuzen die Fertigungsstätten, die Punkte die Abnehmer, die Striche die zurückzulegenden Wege und die Vierecke in den Typen I und Ia die 2. Lagerstufe dar.

In dem Modell wird außer den eben genannten Annahmen über die Abnehmer und Fertigungsstätten folgendes

1) Vgl. Wiese, H.-U., a. a. O., S. 62 ff.

Abb. 23

Modellgebiete für die Typen I, Ia und Ib zur Untersuchung der Transportentfernungen



vorausgesetzt. Jeder Abnehmer bestellt gleich große Mengen von jedem Erzeugnis. Jede Fertigungsstätte stellt ein Viertel der angebotenen Erzeugnisse her. Alle Lager wirken lediglich als Verteilungsstelle. Die gesamte, von den Fertigungsstätten abgegebene Ware wird somit in der jeweils betrachteten Periode zu den Abnehmern gebracht. Der Standort der Lager liegt jeweils im Mengenschwerpunkt ¹⁾ des bedienten Abnehmergebiets. ²⁾

Die anhand der Abbildung 23 ermittelten durchschnittlichen Entfernungen von den Fertigungsstätten bei Einzeltransporten sind in Abbildung 24 eingezeichnet. ³⁾

- 1) Der Mengenschwerpunkt errechnet sich, wenn man in das untersuchte Gebiet ein Koordinatensystem legt nach folgender Formel.

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

Es bedeuten: x_0, y_0 - Abstände des Mengenschwerpunkts auf den Koordinatenachsen vom Nullpunkt des Koordinatensystems; $i = 1, \dots, n$ - Nummer der einzelnen Standorte; x_i, y_i - Abstände des Ortes i auf den Koordinatenachsen vom Nullpunkt des Koordinatensystems; a_i - Bezugs- und/oder Absendemengen des Ortes i . Vgl. zur Schwerpunktformel Bloech, J., Optimale Industriestandorte, Würzburg, Wien 1970, S. 41 ff.; Grundmann, W., Holdhaus, R., Kind, G. u. a., Mathematische Methoden zur Standortbestimmung, Berlin 1967, S. 55 ff.

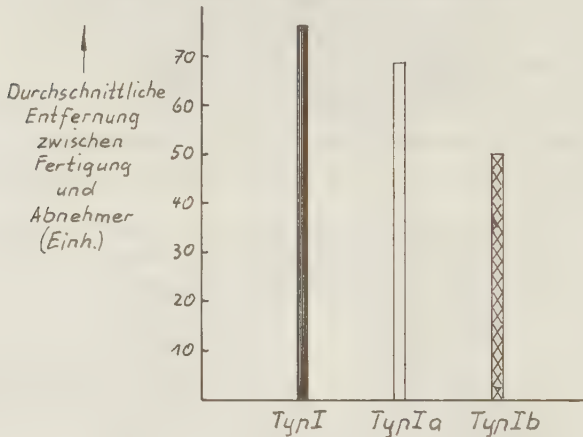
- 2) Bei diesem Standort ist die maximal vom Lager zu einem Abnehmer zurückzulegende Entfernung am kürzesten. Dadurch ist gewährleistet, daß alle Abnehmer schnell bedient werden können. (Bei der Versandstruktur vom Typ Ia (IIa) liegen die Lager jedoch nicht mehr im Schwerpunkt unter Berücksichtigung auch der Mengen und Entfernungen zu den Fertigungsstätten.)
- 3) Die durchschnittlichen Entfernungen wurden wie folgt errechnet. Zuerst wurde für jeden einzelnen Abnehmer die Entfernung zum ZL oder Lager der zweiten Stufe bzw. Werklager bestimmt. Die Entfernung von jedem Lager zu allen zu beliefernden Abnehmern wurden summiert und daraus der Durchschnittswert bestimmt. Z. B. wurde die Entfernung ZL zum Abnehmer A (a) im linken Bild (Typ I) in Abb. 23 wie folgt ermittelt:

$$a = \sqrt{(\frac{7}{2} b)^2 + (\frac{1}{2} b)^2}$$

b - waagerechter und senkrechter Abstand zwischen jeweils zwei Abnehmern (10 mm)

Abb. 24

Durchschnittliche Entfernungen zwischen Fertigungs-
stätten und Abnehmer in den Typen I, Ia und Ib bei
Auslieferung mit Einzeltransporten



Die Abbildung zeigt, daß in der Struktur mit ZL die durchschnittliche Entfernung zwischen Fertigungsstätten und Abnehmer bei Einzeltransporten am längsten und bei direkter Belieferung der Abnehmer von den Fertigungsstätten am kürzesten ist.

Bei den Strukturen vom Typ I (Ia und Ib) wird jedoch in der Regel nicht durch Einzeltransporte, sondern im Rahmen von Tourenverbindungen ausgeliefert. Dadurch vermindern sich zusätzlich die durchschnittlichen Transportwege.¹⁾

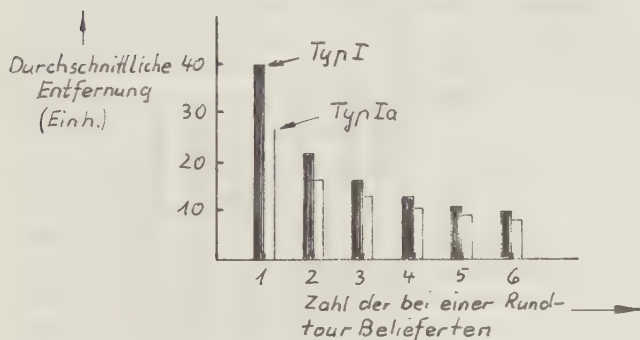
Bei Tourenverbindungen hängt der durchschnittliche pro Empfänger zurückzulegende Weg stark von der Zahl

1) Hier tritt zusätzlich das Problem der Auslastung der Transportmittel auf. Vgl. S. 126 f.

der pro Tour Belieferten ab. In Abbildung 25 sind für die Transporte von den Lagern zu den Abnehmern bei Struktur Typ I und Ia die durchschnittlichen Entfernungen bei Belieferung von zwei, drei, vier, fünf und sechs Abnehmern pro Tour zusammengestellt. Zum Vergleich sind zusätzlich die Entfernungen bei Einzeltransporten angegeben.

Abb. 25

Durchschnittliche Entfernung ab Lagerstufe 2 bei den
Typen I und Ia abhängig von der Zahl der bei einer
Rundreisetour Belieferten



Um alle drei Typen (I, Ia und Ib) zu vergleichen, müssen jeweils die Gesamtentfernungen von der Fertigung zu den Abnehmern gegenübergestellt werden. Dafür sind bei den Typen I und Ia zu den Entfernungen zwischen Lager und Abnehmer noch diejenigen zwischen Lager und Fertigung zu addieren. Werte über

die durchschnittlichen Entfernungen zwischen Fertigung und Abnehmer bei allen drei Typen, unter Berücksichtigung der Zahl der pro Auslieferung Bedienten, enthält Abbildung 26.

Abb. 26

Durchschnittlich zurückzulegende Entfernung zwischen
Werklager und Abnehmer bei den Typen I, Ia und Ib un-
ter Berücksichtigung der bei einer Rundreisetour Be-
lieferungen

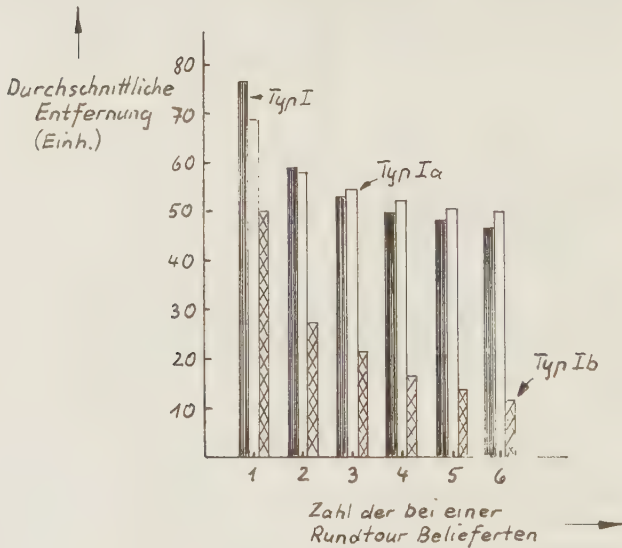


Abb. 26 zeigt, daß bei allen Typen die durchschnittlich zurückzulegende Entfernung abhängig von der Zahl der pro Tour Belieferten sinkt. Sie ist beim Typ Ib jeweils bedeutend niedriger als bei den übrigen. Dabei ist jedoch zu beachten, daß bei dieser Struktur, da die Fertigungsstätten nur einen Teil des Sortiments

herstellen, unter Umständen Rundreisewege zusammengestellt werden müssen, bei denen die Transportmittel alle Fertigungsstätten anfahren. Dadurch erhöhen sich die durchschnittlichen Entfernungen beträchtlich, was hier nicht berücksichtigt ist.

Beim Vergleich der durchschnittlichen Entfernungen bei Typ I und Ia zeigt sich das etwas überraschende Ergebnis, daß bei Bedienung von mehr als zwei Abnehmern pro Tour die durchschnittliche Gesamtentfernung bei einem ZL kürzer ist als bei zwei Lagern. Das kommt daher, daß zwar die durchschnittliche Entfernung zwischen Lager und Abnehmer bei Typ Ia jeweils kürzer ist als bei Typ I - wie in Abb. 25 dargestellt - aber gleichzeitig die durchschnittliche Entfernung zwischen Fertigung und Lager beim Übergang zu einer Struktur mit zwei Lagern steigt. Diese Entfernung Fertigung - Lager wirkt sich bei der Gesamtentfernung um so stärker aus, je kürzer die durchschnittliche Entfernung Fertigung - Abnehmer wird.

Diese anhand des Modells ermittelten Gesamtentfernungen Fertigung - Abnehmer hängen sehr stark vom Standort der Fertigung ab. Wir haben deshalb für Typ I und Ia nochmals die durchschnittlichen Entfernungen zwischen Fertigung und Abnehmer bei anderen Standorten ermittelt. Die Werte zeigt Abbildung 27 auf der nächsten Seite.

Dabei wurden einmal die Standorte der Fertigungsstätten näher zum Zentrum, zum anderen weiter an den Rand des Absatzgebietes verlegt.¹⁾ Liegen diese nahe am Zentrum, sind die durchschnittlichen Entfernungen

1) In Abb. 23 sind diese alternativen Standorte durch Kreuze gekennzeichnet.

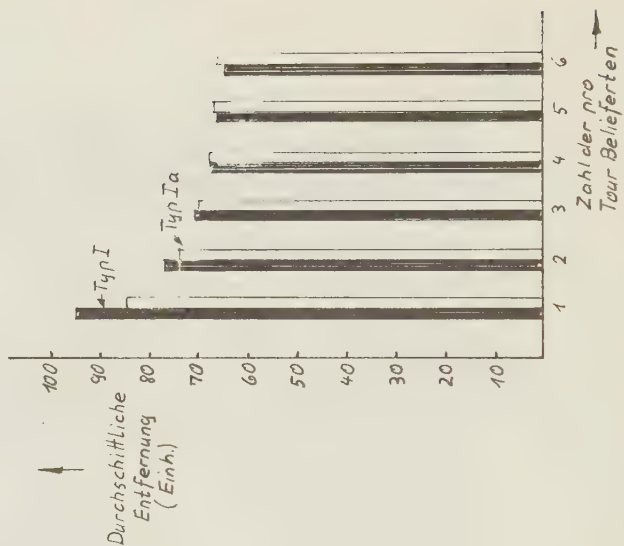
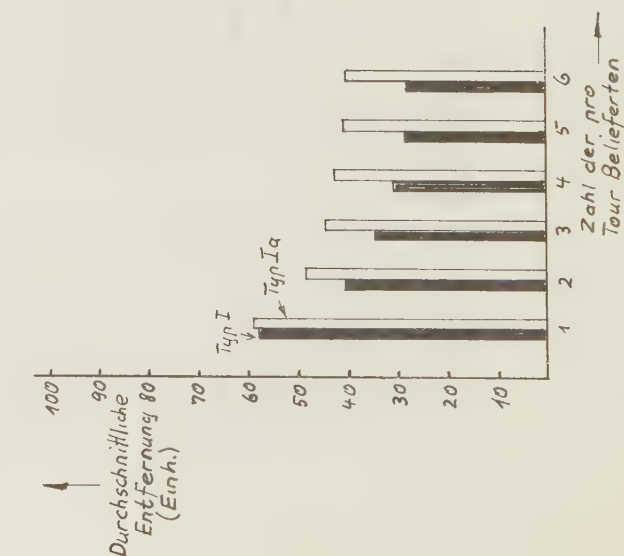
Abb. 27

Durchschnittliche Entfernungen zwischen Werklager und Abnehmer bei Typ I
und Ia unter Berücksichtigung der Zahl der bei einer Rundtour Belieferten
bei alternativen Standorten der Fertigungsstätten

Fertigungsstätten nahe
am Zentrum des Absatz-
gebiets

Fertigungsstätten in mittlerer
Entfernung zum Zentrum des
Absatzgebiets
(siehe Abb. 26)

Fertigungsstätten weit vom
Zentrum des Absatzgebiets
entfernt



bei allen Transportarten bei Belieferung der Abnehmer von einem ZL aus niedriger als bei Bedienung von zwei Lagern aus. Haben die Fertigungsstätten ihren Standort am Rande des Absatzgebiets, sind, sobald vier oder mehr Abnehmer pro Tour bedient werden, die durchschnittlichen Entfernungen bei Auslieferung über ein ZL ebenfalls kürzer.¹⁾

Bei den Versandstrukturen Typ II, IIa und IIb unterscheiden sich lediglich die Transportwege zwischen den Fertigungsstätten und den Gebietslagern. Ab diesem sind in allen drei Strukturen dieselben Wege zurückzulegen. Es interessieren deshalb hier nur die durchschnittlichen Entfernungen zwischen Fertigungsstätten und Gebietslagern. Zur Untersuchung dieser gehen wir wieder von dem Modellgebiet aus. Wir nehmen an, darin sind vierundzwanzig Gebietslager gleichmäßig verteilt. Zwischen Werklager und Gebietslager sind in der Regel²⁾ die Mengenströme zwischen den einzelnen Lagerorten so groß, daß durch Einzeltransporte ausgeliefert wird.

1) Bei Belieferung von zwei Lagern aus wird die durchschnittliche Entfernung zwischen Fertigung und Abnehmer kürzer, wenn die Standorte der beiden Lager nicht im Mittelpunkt des von ihnen bedienten Absatzgebiets, sondern in den Mengenschwerpunkten unter Berücksichtigung der Abnehmer und Fertigungsstätten liegen. Dadurch verlängern sich jedoch die Wege zu den am Ende des Absatzgebiets liegenden Abnehmern. Wir sind der Ansicht, daß ein wichtiger Grund für die Wahl dieser Struktur darin besteht, die Lager möglichst nahe bei allen Abnehmern zu errichten, um alle gegebenenfalls schnell bedienen zu können. Das wird dann erreicht, wenn die Standorte der Lager im Schwerpunkt des Abnehmers - wie bei unserem Modell angenommen - liegen.

2) Ausnahme dürfte Typ IIb bilden. Wir gehen jedoch davon aus, daß hier durch Einzeltransporte ausgeliefert wird.

In der Abbildung 28 auf Seite 107 sind die Transportwege zwischen Fertigungsstätten und den Gebietslagern bei den drei alternativen Strukturen Typ II, IIa und IIb eingezeichnet. Im Gegensatz zu früheren Abbildungen stellen die Punkte jetzt nicht die Abnehmer, sondern die Gebietslager dar. Anhand dieser Modelle haben wir jeweils die durchschnittlichen Entfernungen zwischen Fertigungsstätten und den Gebietslagern ermittelt. Da diese stark vom Standort der Fertigungsstätten abhängen, wurden, außer für die in der Abb. 28 eingezeichneten Standorte, die durchschnittlichen Entfernungen bei den drei Typen einmal für näher am Absatzmittelpunkt gelegene, zum anderen für weiter von ihm entfernte Fertigungsstätten errechnet.¹⁾ Die durchschnittlichen Entfernungen bei den drei Strukturen bei jeweils den drei alternativen Standorten sind in Abbildung 29 auf Seite 108 abgetragen.

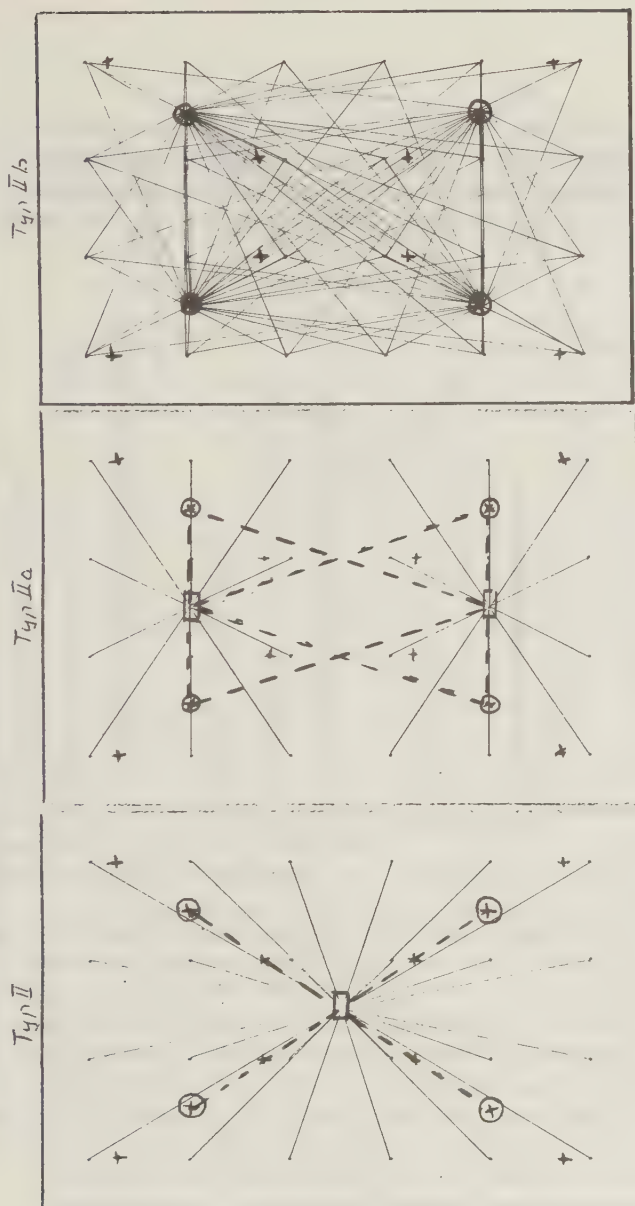
Diese zeigt, daß bei der Versandstruktur vom Typ IIb, d. h. direkter Belieferung der Gebietslager von den Werklagern aus, die durchschnittlichen Entfernungen jeweils am kürzesten sind.

Beim Vergleich der Typen II und IIa fällt auf, daß, wenn die Fertigungsstätten nahe am Gebietsmittelpunkt liegen, die durchschnittliche Entfernung bei einer Struktur mit zwei Lagern etwas länger ist, als bei einer Verteilung lediglich über ein ZL. Es sinken zwar bei zwei Lagern die durchschnittlichen Entfernungen zwischen zweiter Lagerstufe und Gebietslager, gleichzeitig steigen jedoch die Entfernungen zwischen den Fertigungsstätten und der zweiten Lagerstufe, wie aus Abb. 28 leicht zu ersehen ist.

1) Die alternativen Standorte sind in Abb. 28 durch Kreuze gekennzeichnet.

Abb. 28

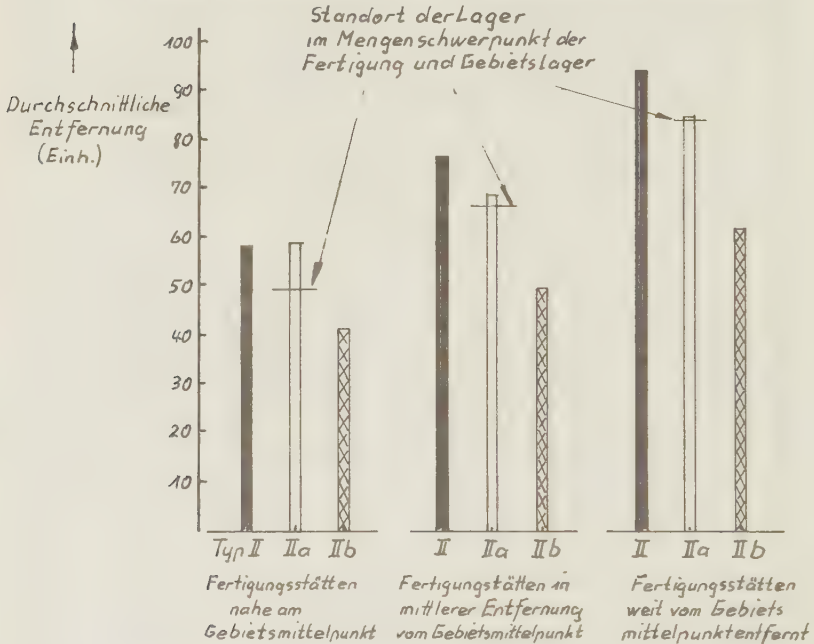
Modellgebiete für die Typen II, IIa und IIb zur Untersuchung der Transportentfernungen



(□) Fertigungsstätten (□) Lager der 2. Stufe - - - Transporte Fertigungsstätten-Lager der 2. Stufe
 (×) alternative Fertigungsstätten · Gebietslager — Transporte zu den Gebietslagern

Abb. 29

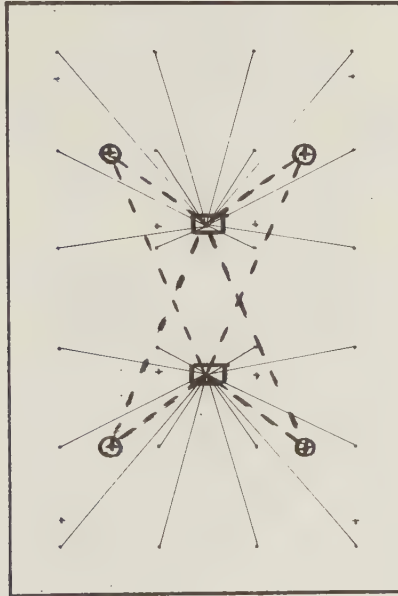
Durchschnittliche Entfernung zwischen Fertigungs-
stätten und Gebietslagern in den Typen II, IIa und
IIb bei unterschiedlichen Standorten der Fertigung



Die gesamten durchschnittlichen Entfernungen in Typ IIa zwischen Fertigungsstätten und Gebietslagern lassen sich verkürzen, wenn der Standort der Lager auf der zweiten Stufe nicht in die Mitte des Absatzgebietes, sondern in den Mengenschwerpunkt von Fertigungsstätten und Abnehmern - vgl. Abbildung 30 - gelegt wird. Die dann zurückzulegenden durchschnitt-

Abb. 30

Modellgebiet bei dem der Standort der Lager der Ver-
sandstruktur vom Typ I Ia in den Mengenschwerpunkt
unter Berücksichtigung der Fertigungsstätten und Ab-
nehmer gelegt wurde

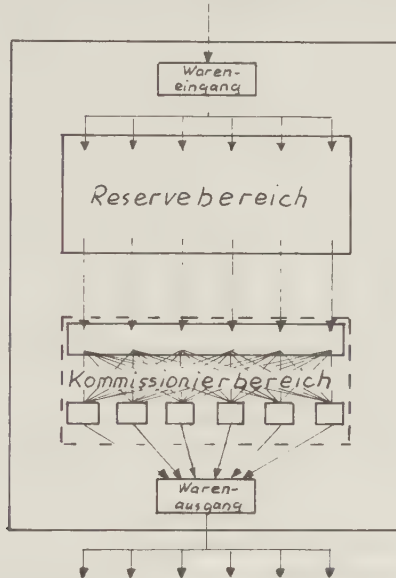


⊕ Fertigungsstätten □ Lager der 2. Stufe
- - - - - Transporte Fertigungsstätten-Lager der 2. Stufe
— — — — — Transporte zu den Gebietslagern
• Gebietslager

lichen Entfernungen - wieder jeweils bei den drei alternativen Standorten der Fertigungsstätten - wurden errechnet und zusätzlich in Abb. 29 eingezeichnet. Es zeigt sich, daß besonders, wenn die Fertigungsstätten nahe am Absatzmittelpunkt liegen, sich die durchschnittliche Gesamtentfernung vermindert. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß bei diesen Stand-

Abb. 31

Skizze der Bereiche und des Flusses der Sachgüter an
an einem Lagerort



Die ankommenden Güter gelangen zuerst in den Reservebereich. Dort findet die eigentliche Lagerung statt. Dieser Bereich dient vornehmlich dem Zeitausgleich. Erst kurz bevor die Sachgüter den Lagerort verlassen, bringt man sie in den Kommissionierbereich. Dort werden sie entsprechend der gewünschten Arten und Mengen der nachgeschalteten Lagerstufe bzw. der Abnehmer umsortiert und umgepackt. Innerhalb dieses Bereiches findet somit vornehmlich der Art- und Mengenausgleich statt.

In beiden Bereichen werden überwiegend unterschiedliche Lagermittel benötigt. Zudem sind der Umfang und die Arten der eingesetzten Lagermittel in beiden von weitgehend unterschiedlichen Faktoren abhängig.

Wir wollen daher zuerst die Auswirkungen im Reservebereich, anschließend im Kommissionierbereich betrachten. Dabei rechnen wir den Wareneingang zum Reserve- und den Warenausgang zum Kommissionierbereich.

Als Lagermittel für den Reservebereich werden einerseits Grundstücke, Gebäude, Regale, Gestelle zur Schaffung von Abstellplätzen, zum anderen maschinelle Einrichtungen (z. B. Fördermittel) und Arbeitskräfte zum Entladen der Transportmittel, Einstellen und Entnehmen der Güter benötigt. Für diese fallen Kosten z. B. für Abschreibung, kalkulatorische Zinsen, Instandhaltung, Löhne usw. an. Die Höhe dieser Kosten hängt weitgehend vom Umfang der benötigten Lagermittel ab.

Der Umfang der insgesamt für den Reservebereich eines Lagers erforderlichen Lagermittel, vor allem der Grundstücke, Gebäude, Regale und Gestelle, richtet sich stark nach der Höhe der zu haltenden Bestände. Je höher diese werden können, desto größer muß das Fassungsvermögen und damit der Umfang der Lagermittel sein und um so höhere Kosten fallen damit im allgemeinen an.

In der gesamten Versandstruktur mit ZL müssen - wie wir bereits sahen - gegenüber den Vergleichsstrukturen geringere Bestände gehalten werden, um denselben Verfügbarkeitsgrad zu erreichen. Entsprechend werden in Strukturen mit ZL auch insgesamt geringer dimensionierte Lagermittel benötigt. Damit fallen in den Strukturen Typ I und II gegenüber den Typen Ia und Ib sowie IIa und IIb geringere Kosten an.

Gehen wir davon aus, daß in den Vergleichsstrukturen Bestände in gleicher Höhe gehalten werden müssen, so ergeben sich zudem bei Aufnahme eines ZL noch hinsichtlich der Lagermittel weitere Vorteile. Bei der Versandstruktur mit ZL ist der Reservebereich aller Lagerorte überwiegend dort zusammengefaßt. In den Werklagern, in denen die Ware lediglich zu Ladeeinheiten zusammengestellt wird, ist in der Regel kein Reservebereich vorhanden. Innerhalb der Gebietslager ist er im allgemeinen sehr klein dimensioniert, da diese aufgrund der großen Mengenströme vom ZL häufig Nachlieferungen erhalten.

Bei den Versandstrukturen vom Typ Ia und IIa ist der Reservebereich auf die beiden Lager der zweiten Lagerstufe verteilt. In den Strukturen vom Typ Ib und IIb sind in allen Werklagern Reservebereiche zu unterhalten. Überdies müssen bei der Struktur Typ IIb, da hier aufgrund der kleineren Mengenströme seltener ausgeliefert wird, in den Gebietslagern wohl im allgemeinen größere Reservebereiche vorhanden sein.

Stellt ein Unternehmen viele Güter her, wird bei mindestens einem Teil die Absatzmenge saisonal schwanken. Dabei werden diese Schwankungen nicht alle zeitlich synchron, sondern häufig teilweise phasenverschoben verlaufen. Bei Fertigung in mehreren Produktionsstätten wird man häufig die absatzwirtschaftlich verwandten Erzeugnisse in einem Werk zusammenfassen, so daß jede Fertigungsstätte annähernd absatzwirtschaftlich verwandte Erzeugnisse herstellt, zwischen den Produkten der einzelnen Werke jedoch keine oder lediglich sehr begrenzte absatzwirtschaftliche Verwandtschaft besteht. Die Erzeugnisse eines Werkes werden dann meist annähernd synchrone Absatzschwankungen aufweisen, wogegen beim Vergleich der Erzeugnisse zweier Werke diese häufig zeitlich phasenverschobene Schwankungen zeigen dürften.

Das Fassungsvermögen des Reservebereichs muß nun so dimensioniert sein, daß es jeweils den maximal möglichen Bestand aufnehmen kann. Wenn sich der Reservebereich der einzelnen Lager wie bei den Strukturen Typ Ib und IIb bei den einzelnen Werken befindet, muß in jedem der Reservebereich nach den Saisonspitzen der dort hergestellten Erzeugnisse ausgelegt sein. Wird dagegen der Reservebereich in einem ZL zusammengefaßt, so kann vielfach der unterschiedliche saisonale Zyklus der Güter ausgeglichen werden, indem auf ein und denselben Abstellplätzen jeweils nacheinander die Saisonspitzen gelagert werden. Das Unternehmen kommt so mit einem geringeren Fassungsvermögen, d. h. Umfang der benötigten Lagermittel aus.

441.2 Lagermittelarten

Die Kosten für die Lagermittel sind außer von deren Umfang stark von den eingesetzten Arten abhängig.

Für Lagermittel gibt es vielfältige technische Ausgestaltungsmöglichkeiten. Entsprechend groß ist daher auch die Zahl der in einem Lager einsetzbaren Lagermittelarten. Es interessieren hier nicht die technisch möglichen Ausgestaltungsformen, sondern vor allem, ob durch die Aufnahme eines ZL kostengünstige Lagermittelarten gewählt werden können.

Zu den Lagermitteln im Reservebereich gehören einerseits feste Anlagen wie Grundstücke, Gebäude, Regale und Gestelle. Deren Kosten pro Abstellplatz richten sich stark nach der erzielten Ausnutzung der Fläche und des Raumes.¹⁾ Sie lassen sich durch vielfältige

1) Vgl. dazu: Boretzky, W., Günstige Flächenaufteilung bei Palettenlagern, fördern und heben, 19. Jg., 1969, S. 1011 ff.; Kaup, M., Die optimale Lagerraumausnutzung, fördern und heben, 14. Jg., 1964, S. 877 ff.; Krippendorff, H., Die optimale Raumausnutzung des Lagers, fördern und heben, 15. Jg., 1965, S. 823 ff.; ders., Wirtschaftlich Lagern, München 1969, S. 104 ff.

Kennzahlen ausdrücken, die wir häufig mit Flächen- und/oder Raumnutzungsgrad bezeichnen (z. B. mit Gütern belegte zur gesamten Fläche). In der Regel gilt, die Kosten für den einzelnen Abstellplatz sind um so niedriger, je höher der Flächen- und/oder Raumnutzungsgrad ist.

Bei den einzelnen technischen Ausgestaltungsmöglichkeiten der Lagermittel, vornehmlich der Gebäude, ist die Flächen- und Raumnutzungsmöglichkeit sehr unterschiedlich. Das Bestreben muß daher dahin gehen, möglichst die Güter in Gebäuden zu lagern, in denen der Flächen- und/oder Raumnutzungsgrad hoch ist. Ob jedoch eine solche Gebäudeform gewählt werden kann, richtet sich zum Teil stark nach den an einem Lager vorhandenen Beständen. Einerseits lassen sich technisch günstige Gestaltungsformen wie Hochregallager, bei denen die Flächen- und Raumnutzung gut sind, erst dann einrichten, wenn gewisse Mengen gelagert werden. Andererseits tritt bei vielen technischen Gestaltungsformen mit zunehmender Menge ein Degressionseffekt¹⁾ ein. Der Flächen- und/oder Raumnutzungsgrad wird um so günstiger, je größer die technischen Einheiten, z. B. die Gebäude, werden.

Wird in einer Versandstruktur der Reservebereich weitgehend in einem ZL zusammengefaßt, sind hier große Mengen zu bewältigen. Es können hier deshalb gegenüber den Vergleichsstrukturen, bei denen der Reservebereich aufgeteilt wird, häufig günstige Gestaltungsformen mit hoher Flächen- und/oder Raumnutzung gewählt werden. Entsprechend niedrig liegen dann auch die Kosten für Gebäude und deren Einrichtungen pro Abstellplatz.

1) Vgl. Favarger, M., Zur Wirtschaftlichkeit moderner Lageranlagen, Industrielle Organisation, 37. Jg., 1968, S. 77 ff.

Außer den festen Anlagen werden im Reservebereich noch maschinelle Einrichtungen und Arbeitskräfte zum Einbringen und Entnehmen der Sachgüter in und aus den Abstellplätzen benötigt. Für diese Verrichtungen werden heute überwiegend verschiedenartige, vornehmlich von Arbeitskräften gesteuerte Betriebsmittel (wie Gabelstapler, Förderbänder, Stapelkrane, Regalbedienungs- und Regalstapelgeräte) eingesetzt.¹⁾ Bei diesen kann es sich um Einzelfördermittel (z. B. Gabelstapler) oder um Fördersysteme handeln, die sich aus mehreren hintereinandergeschalteten einzelnen Fördermitteln zusammensetzen, so daß ein kontinuierlicher Güterfluß möglich ist.²⁾

Werden Einzelfördermittel eingesetzt, handelt es sich in der Regel um Universalmaschinen, die mehrere verschiedene Tätigkeiten ausführen können, während in Fördersystemen im allgemeinen nur jeweils eine Verrichtung ausführende Spezialmaschinen aneinandergereiht sind.³⁾ Gegenüber Universalmaschinen besitzen diese normalerweise eine höhere Kapazität. Bei ihrem Einsatz kann im allgemeinen die einzelne Verrichtung zu niedrigeren Kosten durchgeführt werden.

Nach der Art der Steuerung von Fördermitteln un-

-
- 1) Eine Übersicht über moderne Bauarten bietet z. B. o. V., Regalumschlagsgeräte - Bauarten und Benennungen, in: fördern und heben, 17. Jg., 1967, S. 195 ff.; Neitzel, H. W., Stapelgeräte und ihre Bauarten, in: fördern und heben, 16. Jg., 1966, S. 939 ff.
 - 2) Vgl. Illetschko, L. L., Innerbetrieblicher Transport und betriebliche Nachrichtenübermittlung, Stuttgart 1962, S. 19.
 - 3) Vgl. Gutenberg, E., Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, 1. Bd., Die Produktion, 14. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York 1967, S. 81 f.

terscheiden wir Mechanisierung bzw. Automatisierung.¹⁾ Von Mechanisierung sprechen wir im allgemeinen dann, wenn ein mitgehender oder mitfahrender Bedienungsmann das einzelne Fördermittel steuert. Automatisierung dagegen liegt vor, wenn die Betriebsmittel nicht mehr von einem Bedienungsmann begleitet, sondern zielgesteuert werden. Je nachdem, ob das Fahrziel von einem Menschen auf einer Tastatur eingegeben wird oder ein Computer entweder durch Dateneingabe eines Bedienungsmannes (off-line) oder selbsttätig (on-line) die Steuerung vornimmt, können wir wieder verschiedene Stufen der Automatisierung unterscheiden.

Durch den Übergang von der Mechanisierung zur Automatisierung ist in der Regel eine bessere Abstimmung der einzelnen Tätigkeiten möglich. Dadurch kann zusätzlich die einzelne Verrichtung zu niedrigeren Kosten ausgeführt werden.

Ob Mechanisierung oder Automatisierung gewählt wird, richtet sich vornehmlich nach den eingesetzten Maschinen. Bei Verwendung von Universalmaschinen werden die Vorgänge im allgemeinen mechanisiert, während Automatisierung meist erst beim Einsatz ganzer Fördersysteme, also Spezialmaschinen möglich ist.

Durch die Verwendung von Spezialmaschinen und Automatisierung können zwar die einzelnen Verrichtungen zu niedrigeren Kosten durchgeführt werden, wodurch

1) Vgl. Favarger, M., Automation im Lagerhaus, Begriffsbestimmung und Entwicklungstrend, gdi-topics, Veröffentlichung des Gottlieb-Duttweiler-Instituts für wirtschaftliche und soziale Studien, Rüschlikon (Schweiz), Sonderteil 2/70, S. 89 f.; Vallbracht, W., Entwicklungsrichtungen in der neuzeitlichen Lagertechnik, in: Das automatisierte Lager, Haus der Technik - Vortragsveröffentlichungen, Heft 95, Hrsg.: Prof. K. Giesen, Tagung vom 7. Juni 1966, Ltg.: H. Krippendorff, Essen 1966, S. 11 f.

die einzelne Ladeeinheit (Palette) zu geringeren Kosten zum Abstellplatz gebracht und entnommen werden kann.

Dies gilt jedoch nur, solange die Kapazität der Fördersysteme gut ausgenutzt wird.

Durch den Einsatz von Spezialmaschinen und Automatisierung entstehen hohe Fixkosten (z. B. für Abschreibungen, kalkulatorische Zinsen). Diese verteilen sich bei guter Nutzung auf viele Einheiten, so daß für die einzelne niedrige Kosten entstehen. Bei geringer Kapazitätsausnutzung dagegen können diese Fixkosten nur auf wenige Einheiten umgelegt werden. Der Kostenanteil für die einzelne Einheit ist demnach hoch. Es ist daher zweckmäßig, wenn an einem Lager geringere Mengen umzuschlagen sind, mehrere mechanisierte Universalfördermittel einzusetzen, welche die einzelne Verrichtung zwar zu höheren Kosten ausführen und diese gut auszunutzen, als automatisierte Fördersysteme zu verwenden, bei denen eine schlechte Kapazitätsausnutzung erzielt wird.

Bei Aufnahme eines ZL in die Versandstruktur wird man dort häufig wegen der großen zu bewältigenden Mengen automatisierte Fördersysteme aus Spezialmaschinen einsetzen können, die eine einzelne Verrichtung zu niedrigen Kosten ausführen, während man bei den Vergleichsstrukturen (Typ Ia und IIa) sowie Ib und IIb) aufgrund der dort umzuschlagenden geringeren Mengen gezwungen sein dürfte, Universalmaschinen mit mechanisierter Steuerung heranzuziehen, welche die peripheren Bewegungsvorgänge am Lager zu höheren Kosten durchführen.

442 Lagermittel des Kommissionierbereichs

442.1 Lagermittelumfang

Innerhalb des Kommissionierbereichs werden die Erzeugnisse nach Arten und Mengen zu den Posten zusammengestellt, die das einzelne Lager der nachfolgenden Stufe oder ein Abnehmer erhält. Diesen Vorgang des Zusammenstellens bezeichnet die Praxis auch als "order-picking". Im allgemeinen befinden sich im Kommissionierbereich relativ kleine Mengen, meist jeweils nur eine oder einige Ladeeinheiten des einzelnen Erzeugnisses.

Für den Kommissionierbereich werden ebenfalls feste Anlagen (wie Grundstücke, Gebäude), Maschinen und Arbeitskräfte benötigt.

Der Platzbedarf des Kommissionierbereichs des einzelnen Lagerorts und damit vor allem die erforderlichen festen Anlagen richten sich nach den Mengen, welche die Lager der nachgeschalteten Stufe bzw. die Abnehmer von den einzelnen Erzeugnisarten erhalten.

Beziehen die Abnehmer große Mengen der einzelnen Erzeugnisarten, kann die Ware gleich zu Ladeeinheiten (Paletten) zusammengestellt werden. Nehmen die Kunden dagegen kleine Mengen ab, müssen die Ladeeinheiten im Kommissionierbereich aufgelöst und zu einzelnen Packeinheiten (Kolli) zusammengestellt werden, was in der Regel einen großen Raumbedarf erfordert.

Außerdem ist der Platzbedarf im Kommissionierbereich stark abhängig von der Zahl der Erzeugnisse. Je mehr umzusortieren und umzupacken ist, desto mehr Raum muß dafür zur Verfügung gestellt werden.

In der Versandstruktur mit ZL vom Typ I wird die Ware vom ZL gleich zum Abnehmer gebracht. Beziehen diese kleine Mengen von den einzelnen Erzeugnissen,

muß dort ein umfangreicher Kommissionierbereich unterhalten werden. Dies gilt ebenso für die beiden Lager der zweiten Stufe bei Typ Ia und die Werklager bei Typ Ib.

In der Versandstruktur mit ZL vom Typ II sind im ZL die Mengen für die Gebietslager zusammenzustellen. Da diese im allgemeinen große Mengen abnehmen dürften, wird man dort gleich ganze Ladeeinheiten zuordnen können. Unter Umständen müssen lediglich für langsam sich umschlagende Erzeugnisse Ladeeinheiten aufgelöst und davon einzelne Kolli umsortiert und umgepackt werden. Dies gilt ebenso wieder für die beiden Lager der zweiten Stufe bei Typ IIa und die Werklager bei Typ IIb.

Die Zusammenstellung der Mengen der einzelnen Erzeugnisarten für Kunden erfolgt in diesen Strukturen in den Gebietslagern, so daß dort der überwiegende Teil des Kommissionierbereichs liegt. Da sich jedoch ab Gebietslager diese Strukturen nicht mehr unterscheiden, besteht hinsichtlich des Umfangs des Kommissionierbereichs kein Unterschied zwischen der Versandstruktur mit ZL und den Vergleichsstrukturen.

Wenn wir jetzt Typ I mit Ia und Typ II mit IIa hinsichtlich der zweiten Lagerstufe vergleichen, bei der in den Strukturen mit ZL ein und in den beiden Vergleichsstrukturen zwei Lager vorhanden sind, so können wir folgendes feststellen. Wie wir sahen, richtet sich der Platzbedarf im Kommissionierbereich vornehmlich nach den Mengen der einzelnen Erzeugnisarten, welche die Lager der folgenden Stufe bzw. die Abnehmer beziehen und nach der Zahl der Erzeugnisarten. Es ist daher kaum ein Unterschied zwischen dem Platzbedarf für den Kommissionierbereich in

einem ZL und demjenigen in einem Lager, wenn zwei Lagerorte wie bei Typ Ia und IIa, auf der zweiten Lagerstufe vorhanden sind. Somit ist bei Unterhaltung von zwei Lagern statt einem ZL annähernd ein doppelter Platzbedarf für den Kommissionierbereich auf dieser Lagerstufe erforderlich. Entsprechend sind auch in annähernd doppeltem Umfang feste Anlagen (Grundstücke, Gebäude) zu unterhalten.

Bei den Typen Ib und IIb tritt dieser Effekt nicht auf, da jedes Werklager lediglich einen Kommissionierbereich für die in den einzelnen Fertigungsstätten hergestellten Erzeugnisse hat.

442.2 Lagermittelarten

Die im Kommissionierbereich einsetzbaren Lagermittelarten sind ebenfalls vielfältig. Ist im einzelnen Lagerort ein umfangreicher Reservebereich vorhanden, richten sich die festen Anlagen vornehmlich nach den für diesen gewählten Gestaltungsformen. Dies gilt insbesondere für die ZL und die entsprechenden Lager in den Vergleichsstrukturen.

Zum Umpacken und Umsortieren der Erzeugnisse werden sowohl Maschinen als auch menschliche Arbeitskräfte eingesetzt. Werden ganze Ladeeinheiten zusammengestellt, wird man im allgemeinen, soweit möglich, Maschinen heranziehen, während man, wenn Ladeeinheiten aufzulösen sind, in der Regel auch immer verstärkt Arbeitskräfte benötigen wird.

Wieweit die Vorgänge hierbei, insbesondere, wenn ganze Ladeeinheiten zuordenbar sind, automatisierbar und durch Spezialmaschinen ausgeführt werden können, richtet sich wieder, wie auch bei den Maschinen des Reservebereichs, nach den insgesamt umgeschlagenen Mengen. Je größer diese sind, um so eher lassen sich

die Vorgänge automatisieren und Spezialmaschinen verwenden und zu desto niedrigeren Kosten kann das Umpacken und Umsortieren der einzelnen Ladeeinheit erfolgen. Da im ZL große Mengen umgeschlagen werden, lassen sich hier wiederum, wie bei den Maschinen des Reservebereichs, die Vorgänge eher automatisieren und Spezialmaschinen verwenden als in den entsprechenden Lagern der Vergleichsstrukturen, in denen geringere Mengen zu bewältigen sind.

45 Wirkungen auf die Transportmittel

451 Eigene Transportmittel

451.1 Transportmittelarten

Mit Transportmittel bezeichnen wir im Rahmen dieser Untersuchung alle Einrichtungen (Betriebsmittel und Arbeitskräfte) zur Durchführung von Transporten. Die Transportmittel lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen. Nach der Art der eingesetzten Vehikel¹⁾ unterscheiden wir in der Regel Straßenfahrzeuge, Eisenbahnen, Schiffe, Flugzeuge, Leitungen (Pipe-lines, elektrische Leitungen).²⁾ Innerhalb dieser Gruppen gibt es wiederum z. B. nach Antriebsart, Größe, technischer Ausstattung, Lastaufnahmefähigkeit mannigfaltige Typen.

Eine Industrieunternehmung kann zur Durchführung ihrer Transporte eigene Transportmittel einsetzen oder mittels Dienstleistungsverträgen die Transportmittel anderer Betriebe (z. B. Post, Bahn, private Frachtführer) benutzen. Sie kann ferner Speditionen beauftragen, die ihrerseits wieder die Transportmittel dritter Betriebe einschalten.

1) Vgl. Illetschko, L. L., Transport-Betriebswirtschaftslehre, 2. Aufl., Wien, New York 1966, S. 5;
2) Vgl. Locklin, P., Economics of Transportation, 6. ed., Homewood, Illinois, 1966, S. 18.

Ein Transport innerhalb der Versandstruktur kann mit einem oder durch Heranziehung mehrerer Transportmittel (z. B. zuerst Lastwagen, dann Eisenbahn, schließlich wieder Lastwagen) ausgeführt werden. Bei Einschaltung mehrerer Transportmittel lassen sich in beliebiger Reihenfolge eigene als auch fremde heranziehen.

Wir wollen hier zuerst die Auswirkungen auf den Einsatz eigener Transportmittel bei Aufnahme eines ZL - soweit solche benutzt werden - betrachten. Für die Beförderung der Sachgüter zwischen den Stufen der Versandstruktur und zwischen der letzten Stufe und den Abnehmern kommen vor allem Straßenfahrzeuge in Frage. Wir wollen uns deshalb im wesentlichen darauf beschränken.

Entscheidende Kriterien für die Auswahl der Transportmittel sind deren Geschwindigkeit und Kapazität.

Von der Geschwindigkeit hängen die Lieferzeit, damit die Lieferbereitschaft und die Bestände auf dem Transport ab. Die Lieferzeit wirkt sich wiederum - wie wir bereits mehrfach sahen - auf die an den Lagern, vor allem den Gebietslagern, zu haltenden Bestände aus.

Die auf dem Transport befindlichen Bestände sind der Transportgeschwindigkeit umgekehrt proportional. Das heißt, je höher die Geschwindigkeit ist, desto niedriger sind die im Durchschnitt sich auf dem Transport befindlichen Bestände. Diese lassen sich nach folgender Formel berechnen:¹⁾

$$I = ST$$

I = Bestand auf dem Transport

T = durchschnittliche Transportzeit

S = durchschnittliche Abflußrate

1) Vgl. Magee, J. F., Physical Distribution Systems,, a. a. O., S. 49.

Die Formel gilt sowohl zur Berechnung der Bestände am Transport zwischen den einzelnen Lagerstufen bzw. der letzten Lagerstufe und Abnehmer als auch innerhalb der gesamten Versandstruktur. Durch die Bestände wird Kapital gebunden. Je höher die durchschnittlichen Bestände sind, desto höhere Zinsen fallen an.

Die Kapazität eines Transportmittels ergibt sich aufgrund des Produkts aus Geschwindigkeit und Lade-fähigkeit. Letztere kann ausgedrückt werden in Gewicht oder Volumen. In der Regel wird das Gewicht für die Kennzeichnung herangezogen. Als Maßstab für die Kapazität erhalten wir dann für Straßenfahrzeuge im allgemeinen Tonnenkilometer pro Zeiteinheit.¹⁾ Diese Kapazität kann angegeben werden für das einzelne oder alle Fahrzeuge.

Der Einsatz der Fahrzeuge verursacht Kosten. Zum Vergleich einzelner Fahrzeuge interessieren vor allem die Durchschnittskosten pro Kapazitätseinheit.

Die Kosten eines Fahrzeugs setzen sich zusammen aus fixen (wie Abschreibungen, kalkulatorische Zinsen, Versicherungen, Steuern) und variablen Kosten (z. B. für Brennstoffe, Schmiermittel, Bereifung)²⁾. Die fixen Kosten sind zeitabhängig. Die variablen Kosten dagegen richten sich nach der Nutzung, d. h. der Fahrleistung in Kilometern. Mit der Kapazität eines Fahrzeugs steigen sowohl die fixen als auch die variablen Kosten. Sie erhöhen sich jedoch meist nicht in demselben Ausmaß, sondern unterproportional.

1) Vgl. Illetschko, L. L., Transport-Betriebswirtschaftslehre, a. a. O., S. 71 f.; ders., Betriebswirtschaftliche Probleme der Verkehrswirtschaft, Wiesbaden 1959, S. 53.

2) Eine detaillierte Aufzählung der Kosten enthält Precht, G. M., Selbstkosten-Berechnung für den Güterverkehr mit Kraftfahrzeugen (Alsfelder Gutachten), 4. Aufl., Nürnberg 1963, S. 13 ff.

Zum Beispiel ist der Benzinverbrauch eines sechs Tonnen Lastwagens zwar höher als eines drei Tonnen Wagens. Er ist beim sechs Tonnen Fahrzeug jedoch nicht doppelt so hoch wie beim drei Tonnen Wagen. Ähnliches gilt auch für die übrigen Kostenarten.

Beziehen wir die Kosten auf die Kapazitätseinheit, so sind sie bei Fahrzeugen mit großer Kapazität niedriger als bei solchen mit kleinerer Kapazität.¹⁾ Diesen Zusammenhang verdeutlicht auch Abbildung 32.

Abb. 32

Kosten je Kapazitätseinheit bei unterschiedlichen
Fahrzeugkapazitäten



-
- 1) Eine ausführliche modellmäßige Betrachtung dieses Zusammenhangs bringt Wiese, H.-U., a. a. O., S. 81 ff. Tatsächliche Zahlen verschiedener deutscher Lastkraftwagen, die dies bestätigen, enthält: Sieberts, H., Bestellung und Lieferung, Köln 1964, S. 61. Er stützt sich dabei auf teilweise aktualisierte Zahlen aus Schöpke, M., Die Selbstkosten deutscher Nutzfahrzeuge, Sonderdruck aus: Lastwagen und Omnibus, Hrsg.: Vereinigte Motor-Verlag GmbH, Stuttgart 1961. Dieser Zusammenhang gilt weitgehend auch bei Schiffen und Flugzeugen. Vgl. auch Illetschko, L. L., Betriebswirtschaftliche Probleme der Verkehrswirtschaft, a. a. O., S. 49.

Das bedeutet, wenn eine Unternehmung große Lastwagen einsetzen kann, sind - bei entsprechender Kapazitätsausnutzung - die Kosten niedriger, als wenn sie die Transporte mit kleineren Fahrzeugen durchführt. Große Lastzüge fahren in der Regel auch mit höherer Geschwindigkeit, so daß die Sachgüter schnell befördert werden.

Bei Aufnahme eines ZL sind zwischen Werklagern und ZL sowie beim Typ II zwischen ZL und Gebietslagern große Mengen zu befördern, so daß es möglich ist, große Fahrzeuge einzusetzen, welche die Güter schnell zu niedrigen Kosten befördern.

451.2 Transportmittel-Kapazitätsausnutzung

Die Grenzen für den wirtschaftlichen Einsatz großer Fahrzeuge ergeben sich aus der Kapazitätsausnutzung; diese ergibt sich aus der Zeitznutzung und der Auslastung.¹⁾ Es gilt:

$$\text{Kapazitätsausnutzung} = \text{Zeitznutzung} \times \text{Auslastung}$$

Ein Fahrzeug fährt nicht nur. Es steht auch während der Abfertigung (Be- und Entladen) und sonstiger Wartezeiten. Die gesamte Nutzungszeit teilt sich somit auf in Fahr-, Abfertigungs- und Wartezeit. Die Zeitznutzung ist der Quotient aus Fahr- und Nutzungszeit. Sie ist um so höher, je größer der Anteil der Fahrzeit an der gesamten Nutzungszeit wird.

1) Vgl. Illetschko, L. L., Transport-Betriebswirtschaftslehre, a. a. O., S. 65 ff.; ders., Betriebswirtschaftliche Probleme der Verkehrswirtschaft, a. a. O., S. 52 ff.; Zum Problem der Kapazitätsausnutzung vgl. Kern, W., Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung, Köln und Opladen 1962, S. 23 ff.; Clar, P., Die Kapazitätsnutzung in der Industrieunternehmung, Berlin 1964, S. 69 ff.; Rummel, K., Einheitliche Kostenrechnung, 3. Aufl., Düsseldorf 1967, S. 59 ff.

Die Auslastung ergibt sich als Produkt zwischen Fahr- und Gewichtsauslastung. Ein Fahrzeug muß, wenn es Güter befördert, häufig wieder leer, d. h. ohne Ladung zurückfahren.¹⁾

Jedes Fahrzeug kann eine gewisse Lademenge in Tonnen befördern. Das Verhältnis zwischen tatsächlich geladenem Gewicht und möglicher Lademenge in Tonnen ergibt die Gewichtsauslastung.

Daß bei einem großen Fahrzeug die Kosten je Kapazitätseinheit niedrig liegen, gilt nur so lange dessen Kapazität gut ausgenutzt wird. Es entstehen bei großen gegenüber kleinen Fahrzeugen hohe Fixkosten. Diese teilen sich bei schlechter Auslastung auf wenige Sachgüter auf, so daß es ab einer gewissen Menge günstiger wird, kleinere Fahrzeuge einzusetzen.

In der Versandstruktur mit ZL dürfte insbesondere für die Transporte zwischen Werklager und ZL sowie ZL und Gebietslager bei Typ II stets eine gute Kapazitätsausnutzung zu erzielen sein. Da die Sachgüter nur zwischen wenigen Lagern transportiert werden, müßte es möglich sein, durch gute Be- und Entladeeinrichtungen und damit schnelle Abfertigung, einen hohen Anteil der Fahr- an der Nutzungszeit zu erhalten und damit eine gute Zeitnutzung zu erzielen.

Der Anteil der Fahrauslastung liegt allerdings, solange die Fahrzeuge leer zurückfahren, bei 50 Prozent. Dies gilt jedoch auch für die Vergleichsstrukturen.²⁾

-
- 1) Das Verhältnis der Fahrten mit Ladung zu den Gesamtfahrten bezeichnen wir mit Fahrauslastung.
 - 2) Wird im Rahmen einer Tourenverbindung ausgeliefert, liegt zwar hier die Fahrauslastung über 50 Prozent, gleichzeitig sinkt aber die Gewichtsauslastung.

Aufgrund der großen Mengenströme wird es im allgemeinen möglich sein, die Fahrzeuge stets voll zu beladen, so daß bei den Fahrten mit Ladung maximale Gewichtsauslastung erreicht wird.

Eine schlechte Kapazitätsauslastung der Fahrzeuge ist bei Transporten der Struktur Typ IIb zwischen Werk- und Gebietslager zu erzielen, wenn man sich aufgrund der geringen Mengenströme entschließt, nicht jeweils zu warten, bis eine ganze Fahrzeugladung ausgeliefert werden kann, sondern, um eine gewisse Lieferhäufigkeit aufrecht zu erhalten, Fahrzeuge mit halber Ladung fahren läßt.¹⁾

452 Fremde Transportmittel

Auswahlkriterien für fremde Transportmittel sind vor allem deren Geschwindigkeit und die für die Transportleistung zu zahlenden Preise. Letztere können entweder Einzel- oder Mehrheits- bzw. Gesamtheitspreise sein.²⁾ Einzelpreise kommen durch Verhandlung zwischen dem Industrieunternehmen und dem Dienstleistungsunternehmen zustande. Ihnen liegen individuelle Preisangebote zugrunde. Nach Festlegung der Bedingungen und Pflichten erfolgt die Festlegung des Vertragspreises.

Ein Mehrheits- oder Gesamtheitspreis liegt vor, wenn sich der Anbieter verpflichtet, alle Nachfrager ohne Begrenzung der Menge zum gleichen Preis zu beliefern. Dieser Preis entspricht der Rechtsfigur der Auslobung. Man spricht hier auch von einem Tarifpreis.

1) Entschließt man sich, um eine bessere Kapazitätsauslastung zu erreichen, mit Tourenverbindung auszuliefern, verlängern sich die Transportwege.

2) Vgl. Illetschko, L. L., Transport-Betriebswirtschaftslehre, a. a. O., S. 138 ff.

Einzelpreise sind bei uns in der Minderzahl. Soweit sie vorkommen, gilt für sie ähnliches wie bereits bei den eigenen Transportmitteln ausgeführt wurde.

Ein fremder Betrieb wird dann bereit sein, zu niedrigen Preisen zu befördern, wenn er große Fahrzeuge einsetzen und eine hohe Kapazitätsausnutzung erreichen kann, was - wie wir sahen - bei Aufnahme eines ZL der Fall ist. Beim Einschalten fremder Dienstleistungsunternehmen können diese eine höhere Fahrauslastung erreichen als eigene Transportmittel, wenn sie auf der Rückfahrt Güter anderer Unternehmen befördern können. Aus diesem Grunde ist es möglich, daß fremde Transportunternehmen die Transporte billiger durchführen als der eigene Fuhrpark.

Im allgemeinen müssen beim Einsatz fremder Transportmittel Tarifpreise bezahlt werden. Leistungen von z. B. Post, Bahn und Luftfahrtgesellschaften können normalerweise nur zu Tarifpreisen in Anspruch genommen werden.

Die in der Realität vorkommenden Tarife sind mannigfaltig. Es gibt unterschiedliche Tarife für die verschiedenen Transportmittelarten und -typen. Häufig gibt es beim einzelnen Transportmittel wieder nach Güterart oder -wert unterschiedliche Tarife. Zum Teil bieten Transportunternehmen die Leistungen zu Tarifen an, wie Speditionstarife, die auf den Tarifpositionen anderer Transportunternehmen aufbauen.¹⁾ Die Tarife sind beeinflusst durch historische Entwicklung, staatliche Aufsicht und nationale bzw. internationale Verbände.

Als Basis für Tarife kann das Volumen oder das Gewicht herangezogen werden. In den überwiegenden Fällen handelt es sich um Gewichtstarife.

1) Vgl. Illetschko, L. L., Transport-Betriebswirtschaftslehre, a. a. O., S. 181 f.

Ganz allgemein läßt sich über Tarife folgendes feststellen. In der Regel sind sie sowohl nach Entfernungen als auch nach Gewicht gestaffelt. Einerseits nimmt bei konstantem Gewicht der Preis pro Entfernungseinheit mit zunehmender Versendungsweite stufenweise ab. Andererseits sinkt bei konstanter Entfernung der Preis pro Mengeneinheit bei zunehmender Menge ebenfalls stufenweise.

Durch die Entfernungsstaffelung wird einerseits der Nachteil größerer Entfernungen, den die Versandstruktur mit ZL gegenüber den Vergleichsstrukturen zum Teil besitzt, etwas abgeschwächt. Zum anderen kann bei Aufnahme eines ZL durch die Staffelung nach dem Gewicht, da hier gegenüber den Vergleichsstrukturen im allgemeinen größere Mengen auf den einzelnen Wegen zu transportieren sind, die einzelne Mengeneinheit zu niedrigeren Kosten befördert werden.

Eine Sonderform stellen Tarife dar, die nicht nach der Entfernung gestaffelt sind, bei denen also, unabhängig welcher Weg zurückzulegen ist, pro Gewichtseinheit eine feste Gebühr erhoben wird (z. B. Postpakete bis 20 kg). Kann ein solcher Tarif in Anspruch genommen werden, wird dadurch der Nachteil längerer Transportwege, der zum Teil bei der Versandstruktur mit ZL gegenüber den Vergleichsstrukturen besteht, aufgehoben.

46 Wirkungen auf die Kommunikation

461 Kommunikation zur Abwicklung der Warenbewegung

Die Kommunikation überzieht wie ein Netz die Komponenten Lager, Lagermittel, Transporte, Transportmittel und verbindet sie vor allem mit den Abnehmern und der Fertigung. Über die Kommunikation erhält die Versandstruktur Informationen über die Aufträge der

Abnehmer. Durch sie wird das Zusammenwirken der Komponenten zur Ausführung dieser Aufträge gesteuert. Die Kommunikation gibt ihrerseits wieder Rückaufträge an die Fertigung weiter.

Innerhalb der Kommunikation lassen sich zwei Teilbereiche unterscheiden. Einerseits bestehen Kommunikationsbeziehungen, die vornehmlich der Abwicklung der Warenbewegung dienen und im wesentlichen dem Fluß der Sachgüter folgen. Zum anderen sind Kommunikationsbeziehungen zur Auftragsübermittlung und Bestandsführung vorhanden, die vornehmlich in entgegengesetzter Richtung zur Warenbewegung verlaufen.

Ist festgelegt, daß ein bestimmtes Sachgut von einem Punkt zu einem anderen, z. B. von einem Lagerort zu einem Kunden gelangen soll, so veranlassen die Informationen das Zusammenwirken der Komponenten, daß das Gut zu dem richtigen Bezieher gelangt.

Diese Informationen zur Abwicklung der Warenbewegung laufen entlang der Warenwege, bestehend aus den Grundkomponenten Lager und Transporte, und verbinden diese mit den Lagermitteln und Transportmitteln.

Durch die Aufnahme eines ZL vermindert sich die Zahl der Warenwege innerhalb der Versandstruktur.¹⁾ Zudem verringern sich durch die Zentralisation der Lager einer Stufe die nötigen Beziehungen zwischen Lager und Lagermitteln bzw. Transportmitteln. Gegenüber den Vergleichsstrukturen ist somit die Zahl der Kommunikationsbeziehungen zur Abwicklung der Warenbewegung in einer Struktur mit ZL geringer und übersichtlicher.

1) Vgl. S. 92 ff.

462 Kommunikation zur Auftragsübermittlung und Bestandsführung

Vom Kunden eingehende Aufträge gelangen in der Regel zuerst zu dem Lager, das normalerweise die Güter an sie ausliefert. Von diesem Lager aus werden entsprechend des Abflusses der Erzeugnisse Nachlieferungsaufträge an vorgeschaltete Lagerstufen gegeben. In der Regel erteilen diese wiederum Nachlieferungsaufträge an die Fertigung.

Ein wichtiges Hilfsmittel zum schnellen Auffinden der Sachgüter und Nachbestellen zum richtigen Zeitpunkt bildet die Bestandsführung. Diese kann für jedes Lager einzeln, jeweils für alle Lager einer Stufe oder für die gesamte Versandstruktur zentral erfolgen.¹⁾

Zentrale Bestandsführung hat den Vorteil, daß eine Stelle jederzeit informiert ist, in welcher Höhe sich noch Bestände einzelner Güter innerhalb der Versandstruktur befinden. Es ist somit möglich, wenn nur noch kleine Mengen eines Erzeugnisses irgendwo lagern, diese rasch aufzufinden. Durch die zentrale Bestandsführung ist eine relativ einfache Kontrolle sämtlicher Bestände innerhalb der gesamten Versandstruktur möglich.

Die Bestandsführung erfolgt heute in der Regel durch Computer. Im allgemeinen arbeitet ein großer Computer, der bei zentraler Bestandsführung benötigt wird, zu niedrigeren Kosten als mehrere kleine, die bei dezentraler Bestandsführung erforderlich sind.

1) Vgl. Magee, J. F., Physical Distribution Systems, a. a. O., S. 85 ff.; Magee, J. F., Boodman, D. M., Production Planning and Inventory Control, a. a. O., S. 141 ff.

Der Hauptvorteil zentraler Bestandsführung dürfte vor allem darin liegen, daß von dieser aus die Nachlieferungen der Fertigung gesteuert werden können. Da sie die gesamten Bestände kennt, kann sie jeweils in solchen Mengen nachbestellen, bei denen der Gesamtbestand innerhalb der gesamten Versandstruktur möglichst gering bleibt.¹⁾

Der Nachteil zentraler Bestandsführung besteht vor allem darin, daß zwischen den Lagerorten und dieser laufend Informationen über die Güterzugänge und -abgänge ausgetauscht werden müssen. Da diese Informationen, um die Bestandsführung möglichst auf dem Laufenden zu halten, rasch zu übermitteln sind, entstehen unter Umständen für räumlich von der Zentralstelle getrennten Lagern hohe Kosten für die Datenfernübermittlung.

Durch die Aufnahme eines ZL wird der größte Teil der Bestände dort zusammengefaßt. Es bietet sich daher auch an, dort die zentrale Bestandsführung einzurichten. Datenübertragung ist dann innerhalb der Versandstruktur vor allem nur noch - sieht man von den unter Umständen erforderlichen Informationsübertragungen zwischen Werklagern und ZL ab - zwischen ZL und den Gebietslagern nötig. Da das ZL sowieso deren Zugänge kennt - die seinen Abgängen entsprechen - ist es nur noch erforderlich, deren Abflüsse regelmäßig zu melden. Im allgemeinen dürfte es genügen, wenn man hierfür eine billige Datenübertragung wählt - z. B. täglich die Durchschläge der Lieferscheine zum ZL schickt - so daß keine hohen Kosten für die Datenfernübertragung entstehen.

1) Vgl. S. 82 ff.

In den Vergleichsstrukturen vom Typ Ia und IIa sind zwei Lagerorte auf der zweiten Lagerstufe vorhanden. Soll hier zentrale Bestandsführung erfolgen, wird man diese an einem der beiden Lagerorte einrichten. Es müssen dann laufend Datenfernübertragungen zwischen beiden Lagerorten stattfinden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei der Struktur Typ IIa ebenfalls die Zu- und Abgänge in den Gebietslagern, die von dem Lagerort aus, an dem sich die zentrale Bestandsführung nicht befindet, beliefert werden, übertragen werden müssen.

Sind, wie in den Strukturen vom Typ Ib und IIb, die Erzeugnisse auf mehrere Werklager verteilt, sind bei Einrichtung einer zentralen Bestandsführung Daten zwischen vielen Sende- und Empfangsstellen zu übertragen. Man wird daher in diesen Strukturen meist in jedem Werklager eine eigene Bestandsführung der dort lagernden Erzeugnisse unterhalten.

5 Beurteilung der Wirkungen der Aufnahme eines Zentralagers unter simultaner Berücksichtigung aller Komponenten der Versandstruktur

51 Problemstellung

In der bisherigen Untersuchung betrachteten wir jeweils isoliert die einzelnen Komponenten der Versandstruktur im Hinblick auf die beiden, zum Teil konkurrierenden Ziele Erhöhung der Lieferbereitschaft und Senkung der Kosten. Um die Eigenschaften der Versandstruktur mit ZL klar aufzuzeigen, teilten wir diese in zwei Typen I und II auf, und stellten diese jeweils von uns gewählten Vergleichsstrukturen gegenüber.

Diese vergleichende Betrachtung zeigte, daß die einzelnen Komponenten gegenseitig stark aufeinander einwirken. Den Umfang dieser Beeinflussung versucht Abbildung 33 zu verdeutlichen. Waagerecht sind die beeinflussenden und senkrecht die beeinflussten Komponenten aufgeführt.

Um den Grad der Beeinflussung tendenzmäßig aufzuzeigen, wurden mit einem ausgefüllten Punkt starke und mit einem einfachen Kreis verhältnismäßig schwache Wirkungen gekennzeichnet.

Fast alle Komponenten wirken auf alle übrigen ein. Starke Einwirkungen auf die anderen gehen vor allem von den Lagern aus.

Aufgrund dieser vielfältigen Beeinflussung ergeben sich vornehmlich zwei Konsequenzen. Wenn wir einzelne Komponenten gestalten wollen, müssen wir einerseits jeweils sofort die Wirkungen auf alle übrigen, d. h. die gesamte Versandstruktur, berücksich-

Abb. 33

Gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Komponenten

		beeinflussende Komponenten				
		Lager	Lagermittel	Transporte	Transportmittel	Kommunikation
beeinflusste Komponenten	Lager					
	Lagermittel					
	Transporte					
	Transportmittel					
	Kommunikation					

tigen; dies bestätigt - wovon wir bisher stets ausgingen - daß die Aufnahme eines ZL nur unter Berücksichtigung der gesamten Versandstruktur beurteilt werden kann.

Zur zielgerechten Gestaltung der Versandstruktur können wir andererseits nicht eine einzelne Komponente herausgreifen und diese zielorientiert formen, unter der Annahme, daß dadurch gleichzeitig eine bessere Zielerreichung der Gesamtstruktur erfolgt. Beispielsweise lassen sich die Kosten der gesamten Versandstruktur meist nicht dadurch senken, daß wir isoliert die Lagerbestände und dadurch die Lagerkosten reduzieren. Durch die Verminderung der Lagerbestände sind häufiger Transporte durchzuführen, dadurch er-

höhen sich die Transportkosten. Ähnliche Wirkungen ergeben sich bei den übrigen Komponenten. Diese Kostensteigerungen werden häufig höher sein als die Lagerkostensenkung. Wir müssen also, wenn wir einzelne Komponenten oder die gesamte Versandstruktur im Hinblick auf die Ziele gestalten wollen, simultan alle Komponenten berücksichtigen.

Das bedeutet, wenn wir beurteilen wollen, ob für eine Unternehmung durch die Aufnahme eines ZL die Ziele Erhöhung der Lieferbereitschaft und Senkung der Kosten besser erreicht werden, benötigen wir eine Methode, die simultan die Konsequenzen auf alle Komponenten erfaßt.

Darüber hinaus muß diese Methode, wollen wir sie in der Realität anwenden, noch mehr leisten. In Wirklichkeit nehmen die Nebenbedingungen, bei denen wir bisher weitgehend von Annahmen ausgingen, unterschiedliche Ausprägungsformen an. Das Verfahren sollte auch in solchen Fällen, in denen diese unterschiedliche Ausprägungsformen aufweisen, einsetzbar sein.

Dabei ist zu beachten, daß die Nebenbedingungen in der Regel auf mehrere Komponenten einwirken. Um dies zu verdeutlichen, ist für wichtige Gruppen von Nebenbedingungen in Abbildung 34 aufgezeigt, welche Komponenten diese beeinflussen. Waagerecht sind die Nebenbedingungen, senkrecht die Komponenten aufgetragen. Durch Kreise ist jeweils angedeutet, wenn Einwirkungen bestehen.

Die Abbildung zeigt, daß die Nebenbedingungen nahezu alle Komponenten beeinflussen. Einige Nebenbedingungen können solche Ausprägungsformen aufweisen, daß sie Grenzen für die Ausgestaltung der Versandstruktur darstellen. Zum Beispiel kann die Verderblichkeit Grenzen für die Lagerung setzen.

Abb. 34

Einfluß der Nebenbedingungen auf die Komponenten

Komponenten	Nebenbedingungen					
	Physikalisch-chemische Eigenschaften der Erzeugnisse	Verwandtschaft der Erzeugnisse hinsichtlich ihrer Eigenschaften	Fertigungsstruktur	Fertigungsvollzug	Abnehmerstruktur	Abnehmerverhalten
Lager	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Lagermittel	☐	☐	☐		☐	
Transporte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Transportmittel	☐	☐	☐		☐	☐
Kommunikation	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Wenn wir versuchen zusammenzufassen, so läßt sich folgendes sagen. Die Aufnahme eines ZL stellt für eine Industrieunternehmung ein Entscheidungsproblem dar, bei dem einerseits zwei zum Teil konkurrierende Ziele und zum anderen viele Nebenbedingungen zu berücksichtigen sind. Letztere können vielfältige Ausprägungsformen aufweisen. Die Nebenbedingungen wirken auf nahezu alle Komponenten ein. Jede einzelne Komponente beeinflusst alle übrigen und erhält selbst wieder von diesen Rückwirkungen.

Die Entscheidung der Aufnahme eines ZL stellt sich somit als ein äußerst komplexes Problem. Um trotzdem zu einer zielgerechten Entscheidung zu kommen, brauchen wir eine Methode zur simultanen Beurteilung aller Komponenten bei beliebigen Ausprägungsformen der Nebenbedingungen.

52 Beurteilung der quantifizierbaren Wirkungen

521 Verfügbare Methoden

Die Beurteilung der Aufnahme eines ZL braucht wie jedes Problem die ihm adäquate Methode. Zur Gewinnung von Aussagen über mögliche Handlungen benutzt die Betriebswirtschaftslehre im allgemeinen Entscheidungsmodelle, insbesondere in Form mathematischer Modelle. Bei diesen werden die quantifizierbaren Zusammenhänge des zu untersuchenden Problems in Form eines Systems von Gleichungen und Ungleichungen dargestellt. Die Wirkungen auf die Komponenten bei Aufnahme eines ZL unter Berücksichtigung der Nebenbedingungen im Hinblick auf die Ziele lassen sich durchweg als zahlenmäßige Größen erfassen. Es bietet sich daher an zu prüfen, welche mathematischen Modelle für die Entscheidung über die Aufnahme eines ZL herangezogen werden können.

Mathematische Modelle werden einerseits benutzt, um aus den Modellansätzen mit Hilfe von Rechenregeln oder Algorithmen Schlußfolgerungen klar, sicher und genau abzuleiten. Im Hinblick auf den Entscheidungsgehalt teilen wir diese in zwei Gruppen ein.¹⁾ Bei Alternativ- oder Optimalmodellen wird aus einem Variationsbereich einer oder mehrerer Größen mit Hilfe von Rechenregeln ein Optimum ermittelt. Die-

1) Vgl. Kosiol, E., Modellanalyse als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen, a. a. O., S. 322; Koller, H., Simulation und Planspieltechnik, a. a. O., S. 31 f.

ses kann je nach der Fragestellung ein Minimum oder ein Maximum sein. Ist dagegen nur eine einfache Konstellation der Größen gegeben und besteht die Aufgabe lediglich in der Ermittlung eines Ergebnisses aufgrund der vorhandenen Modellstruktur, so bezeichnen wir dies als Ermittlungsmodell.

Läßt sich ein Problem mit Hilfe eines mathematischen Modells abbilden, so kann man zum anderen auch damit experimentieren. Wir bezeichnen diesen Vorgang mit Simulation.¹⁾ Die Simulation wird vornehmlich dann benutzt, wenn die Probleme sehr komplex sind, sich noch in einem mathematischen Modell abbilden lassen, aber kein Rechenverfahren mehr verfügbar ist, ein Optimum oder eindeutiges Ergebnis zu ermitteln oder aber das Verhalten eines Systems im Zeitverlauf verfolgt werden soll. Wir wollen im folgenden alle drei Modellarten - Alternativ-, Ermittlungs- und Simulationsmodelle - im Hinblick auf ihre Eignung zur Beurteilung der Aufnahme eines ZL prüfen.

Die mathematischen Modelle lassen sich nach verschiedenen Kriterien noch weiter unterteilen.²⁾ Nach der Art der Funktionen, mit denen die Zusammenhänge abgebildet werden, unterscheiden wir lineare, quadratische Modelle usw. Sind die abgebildeten Größen eindeutig bestimmt, spricht man von deterministischen Modellen. Verwenden wir dagegen Wahrscheinlichkeitsgrößen, denen eine mehrwertige Verteilung

1) Vgl. S. 157 ff.

2) Vgl. Angermann, A., Entscheidungsmodelle, Frankfurt 1963, S. 35 ff.; Kosiol, E., Modellanalyse als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen, a. a. O., S. 323; Koller, H., Simulation und Planspieltechnik, a. a. O., S. 33 ff.

zugrunde liegt, so handelt es sich um stochastische Modelle. Ein weiteres Kriterium zur Unterscheidung bildet die Berücksichtigung der Zeit. Bei statischen Modellen beziehen sich die möglichen Zustände auf einen Zeitpunkt. Wird der Zustand an verschiedenen Zeitpunkten untersucht, ohne daß der Reaktionsverlauf zwischen den Zeitpunkten Berücksichtigung findet, so handelt es sich um eine komparativ-statische Betrachtung. Bei vielen betriebswirtschaftlichen Problemen spielt die Veränderung im Zeitablauf eine Rolle. Hier muß die Zeit als Variable in das Modell aufgenommen werden. Man konstruiert dann sog. dynamische Modelle. Häufig wird dabei die variable Zeit als diskrete Größe dargestellt. Wir sprechen dann von diskreten Modellen.

Bei der Anwendung mathematischer Modelle wird die Realität durch mathematische Formulierungen abgebildet. Ausgangspunkt für das Modell ist meist eine verbale Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes. Anhand dieser wird versucht, die Problemstruktur durch mathematische Symbole nachzubilden. Bei der Übertragung des verbalen in das mathematische Modell wird von dem semantischen Gehalt der Modellansätze abstrahiert. Aus dem konstruierten mathematischen Modell werden anschließend durch rein formale Operationen Aussagen abgeleitet.

Bei der Abbildung realer Gegebenheiten in einem mathematischen Modell können nur quantifizierbare Größen erfaßt werden. Ferner wird immer gegenüber der Wirklichkeit eine Isolation und Abstraktion vorgenommen. Das bedeutet, daß von den quantifizierbaren Faktoren lediglich die relevanten übernommen und auch bei der Abbildung des Beziehungszusammenhangs zwischen einzelnen Faktoren Vereinfachungen vorgenommen werden müssen. Es wird daher

nie volle Übereinstimmung zwischen Modell und den tatsächlichen Gegebenheiten bestehen. Sollen jedoch die anhand des Modells durch rein formale Operationen abgeleiteten Aussagen für die Beurteilung der Realität brauchbar sein, so ist zu fordern, daß hinsichtlich der wichtigen Faktoren und Beziehungen zwischen Realität und Modell Strukturgleichheit oder Isomorphie besteht.¹⁾

Bei der Frage der zweckmäßigen Modellkonstruktion handelt es sich im wesentlichen um ein betriebswirtschaftliches Problem, während die Ermittlung von Aussagen durch formale Operationen aus den Modellansätzen vor allem ein mathematisches Problem darstellt.²⁾

Bestehen bei der Beurteilung von Handlungen wie der Aufnahme eines ZL zwei zum Teil konkurrierende Ziele, wird man im allgemeinen wie folgt vorgehen: Man wird für eines davon einen festen Wert annehmen und versuchen, das andere zu optimieren. Wir gehen im folgenden davon aus, daß die Unternehmung, bedingt durch die Vorstellungen des Absatzes, eine gewisse Lieferbereitschaft, d. h. für jedes Lager einen Verfügbarkeitsgrad und eine Lieferfrist, vorgibt und versucht, dabei die Kosten zu minimieren. Das Ziel Lieferbereitschaft nimmt bei dieser Vorgehensweise die Form einer Nebenbedingung an.

1) Vgl. Kosiol, E., Modellanalyse als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen, a. a. O., S. 320 f.; Brunnberg, J., Optimale Lagerhaltung bei ungenauen Daten, Wiesbaden 1970, S. 11 ff.; Müller, W., Die Simulation betriebswirtschaftlicher Informationssysteme, Wiesbaden 1969, S. 132 ff.

2) Vgl. Koller, H., Simulation und Planspieltechnik, a. a. O., S. 41.

522 Beurteilung mit Alternativmodellen

522.1 Gesamtmodell

Ein Alternativmodell¹⁾ besteht im allgemeinen aus einer Zielfunktion, in der das gewünschte Optimum festgelegt wird. Zu dieser können Nebenbedingungen treten. Das eigentliche Problem wird abgebildet durch Funktionen, in denen Variable und Konstante bzw. Parameter miteinander verknüpft sind. Die Variablen stellen die gesuchten Größen dar, während die Konstanten den vorgegebenen Datenkranz der nicht beeinflussbaren Faktoren des Problems abbilden. Letztere werden als Parameter bezeichnet, wenn die Daten gewissen Wahrscheinlichkeitsverteilungen unterliegen und verschiedene Werte annehmen können. Die Funktionen, durch die Variable und Konstante bzw. Parameter verknüpft sind, bilden vor allem die Struktur des Modells ab.

Mit Hilfe von Rechenregeln oder Algorithmen wird bei Alternativmodellen der Wert der Variablen errechnet, bei dem das Optimum der Zielfunktion unter Berücksichtigung der Nebenbedingungen erreicht wird. Charakteristisch für die Alternativmodelle ist vor allem, daß bei ihnen der Suchvorgang nach dem Wert dieser Variablen durch eine Rechenregel oder einen Algorithmus formalisiert ist. Dadurch wird ein sehr hoher Grad an Sicherheit und Genauigkeit erreicht. Aufgrund dieser Fähigkeit stellen sie eine elegante Entscheidungshilfe für jedes Problem dar.

1) Vgl. Kosiol, E., Modellanalyse als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen, a. a. O., S. 322 f.; Koller, H., Simulation als Methode in der Betriebswirtschaft, in: ZfB, 36. Jg., 1966, S. 97 ff.

Soll die Frage, ob die Aufnahme eines ZL zu minimalen Kosten der Versandstruktur führt, mit einem Alternativmodell beantwortet werden, so müßte dies etwa so aufgebaut sein, daß die Zahl der Lagerorte die Variable darstellt.

Wenn wir davon ausgehen, daß die Nachbildung in dem gesuchten Modell so wirklichkeitsgetreu wie möglich erfolgen soll, so ist folgendes zu beachten: Es interessiert eine Unternehmung, die nicht nur ein, sondern viele Produkte absetzt. Die Komponenten der Versandstruktur sind durch starke wechselseitige Beziehungen verbunden. Zur Abbildung eines solchen Problems sind nicht nur einige, sondern viele Funktionen nötig. Aufgrund der vielfältigen Beziehungen lassen sich die Vorgänge nicht nur durch lineare Funktionen darstellen. Man braucht zur Abbildung auch quadratische oder andere kompliziertere Funktionen. Um die Wirkungen auf die einzelnen Komponenten, wie Lager und Transporte richtig zu erfassen, darf nicht nur eine Zeitpunkt Betrachtung erfolgen. Es müssen vielmehr die Vorgänge über einen Zeitraum, d. h. mit einem dynamischen Modell erfaßt werden. Die Nachfrage der Kunden nach den einzelnen Produkten schwankt im Zeitverlauf. Das Modell muß außerdem noch stochastische Elemente beinhalten.

Nicht für alle beliebigen Modelle stehen bisher Rechenverfahren zur Lösung zur Verfügung. Die mathematische Entscheidungsforschung hat bis heute lediglich für einen Teil möglicher Modellstrukturen Lösungsalgorithmen entwickelt, mit denen auf rein mathematisch deduktivem Wege Aussagen über optimale Lösungen abgeleitet werden können.

Besonders Modelle mit nicht linearen Zusammenhängen, stochastischen Elementen und dynamischen Gesichtspunkten, wie sie in Versandstrukturen auftreten, las-

sen sich mit bisher verfügbaren Algorithmen nicht lösen.¹⁾ Unter der Voraussetzung, daß versucht wird, die Zusammenhänge in der Versandstruktur einer Unternehmung mit vielen Erzeugnissen wirklichkeitsgetreu nachzubilden und simultan die Wirkungen auf alle Komponenten zu erfassen, steht unseres Wissens bisher kein Rechenverfahren zur Optimierung zur Verfügung.

Wenn es, bei wirklichkeitsgetreuer Abbildung der Zusammenhänge, nicht möglich ist, einen Rechenalgorithmus zu finden, so besteht grundsätzlich die weitere Möglichkeit, für die Untersuchung der Aufnahme eines ZL ein sehr vereinfachtes Modell der Realität mit hohem Abstraktionsgrad zu benutzen. Ein solches Modell böte den Vorteil, daß dann vielleicht ein Rechenverfahren zur Optimierung verfügbar wäre. Bei Verwendung eines solchen Modells decken sich Problemstruktur und Modellstruktur nur noch zum Teil, denn das Modell gibt die Realität nur noch sehr vereinfacht wieder.

Bei der Optimierung mit Hilfe eines Rechenverfahrens werden auf deduktivem Wege die Ergebnisse als Schlüsse abgeleitet. Bei dieser Deduktion, d. h. dem Rechenvorgang selbst, werden ex definitione keine neuen Annahmen und Aussagen eingeführt. Die Ergebnisse stellen lediglich logische Transformationen der Modellansätze dar. Durch diese Berechnungen ist es nicht möglich, neue Aussagen zu gewinnen, die nicht schon - wenn auch in anderer Form - bei der Konstruktion des Modells formuliert worden sind.²⁾

1) Vgl. Koller, H., Simulation und Planspieltechnik, a. a. O., S. 66; vgl. auch Zimmermann, H.-J., Mathematische Entscheidungsforschung und ihre Anwendung auf die Produktionspolitik, Berlin 1963, S. 53 ff.

2) Vgl. Kosiol, E., Modellanalyse als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen, a. a. O., S. 333; Koller, H., Simulation und Planspieltechnik, a. a. O., S. 35 ff.

Das bedeutet, die Ergebnisse der Optimierung gelten für das abgebildete Modell. Inwieweit dieses Ergebnis sich mit der Bestlösung der realen Situation - die gesucht wird - deckt, hängt vom Grad der Genauigkeit ab, mit dem die Wirklichkeit im Modell abgebildet wurde. Wenn zur Darstellung der komplexen Realität ein sehr vereinfachtes Modell verwandt wurde, so dürfte in der Regel nur noch ein geringer Zusammenhang zwischen Optimum des Modells und der Realität vorhanden sein. Die Anwendung eines sehr vereinfachten abstrakten Modells zur Beurteilung der Aufnahme eines ZL scheidet aus diesem Grunde weitgehend aus.

522.2 Teilmodelle

Wenn wir feststellen, daß für ein Unternehmen mit vielen Erzeugnissen und simultaner Berücksichtigung der Wirkungen auf alle Komponenten der Versandstruktur kein Alternativmodell zur Beurteilung der Aufnahme eines ZL verfügbar ist, so bedeutet das jedoch nicht, daß für Teilprobleme umfangreiche Verfahren existieren. Zum Beispiel hat die mathematische Entscheidungsforschung viele Verfahren zur Ermittlung der Lagermenge entwickelt.¹⁾ Mit Hilfe der Transportmethode lassen sich Transportkosten minimieren. Dieses Verfahren ist vornehmlich anwendbar, wenn mehrere Empfänger von mehreren Fertigungsstätten (Lagerorten) ein Erzeugnis erhalten. Es ermittelt die Mengen, die jeder Empfänger von jeder Fertigungsstätte (jedem Lagerort) beziehen muß, damit die gesamten Transportkosten minimal werden. Die Transportmethode kann jedoch nicht angewandt werden, wenn - wie bei unserem Untersuchungsobjekt - viele Erzeugnisse in einer mehrstufigen Versandstruktur zu verteilen sind.

1) Vgl. S. 57 f.

Viele Verfahren stehen zur Lösung des Travelling Salesman Problems¹⁾ zur Verfügung. Mit ihrer Hilfe läßt sich die kürzeste, schnellste oder kostenminimale Reiseroute von einem Standort über eine Anzahl vorgegebener Orte zurück zum Standort errechnen. Die bisher verfügbaren Verfahren bieten Lösungen für 40 bis 80 Orte. In der Versandstruktur mit ZL wird man - wie wir sahen - soweit möglich mit Einzeltransporten ausliefern. Im Rahmen von Tourenverbindungen, für welche die Lösungsverfahren des Travelling Salesman Problems interessant sind, wird man in der Regel nur die Kunden von der letzten Lagerstufe aus bedienen. Diese Verfahren eignen sich daher bei der Entscheidung über die Aufnahme eines ZL lediglich zur Bestimmung eines Teils der Transportkosten.

Weitere Verfahren hat die mathematische Entscheidungsforschung für die Standortwahl entwickelt,²⁾ die auch für den Standort von Lagern weitgehend verwandt werden können.³⁾

Überdies bestehen auch bereits Ansätze für Verfahren zur Beurteilung der Gestaltung der Versandstruktur, bei denen unter Berücksichtigung der Kosten mehrerer Komponenten die kostenoptimale Gestaltungsform errechnet wird.

-
- 1) Einen Überblick über diese Verfahren bietet Müller-Merbach, H., Optimale Reihenfolgen, Berlin, Heidelberg, New York 1970, S. 65 ff.
 - 2) Vgl. Bloech, J., Optimale Industriestandorte, a. a. O.; Grundmann, W., Holdhaus, R., Kind, G. u. a., Mathematische Methoden zur Standortbestimmung, a. a. O.; Müller-Merbach, H., Modelle der Standortbestimmung, in: Handwörterbuch des Rechnungswesens, Hrsg.: E. Kosiol, Stuttgart 1970, Sp. 1160 ff.
 - 3) Diese Arbeit untersucht in erster Linie die Entscheidung über die Aufnahme eines ZL in die Versandstruktur. Ist diese Entscheidung gefallen, wird sich daran in der Regel eine weitere Entscheidung über den Standort des Lagers anschließen. Da wir hier im wesentlichen nur den ersten Problembereich betrachten, wollen wir die Fragen der Standortwahl nicht weiter vertiefen.

Ein solches Verfahren wurde von Baumol und Wolfe¹⁾ entwickelt. Es ist für eine Situation anwendbar, bei der Waren von Fertigungsstätten zu Lagern und von dort zu Abnehmern geliefert werden. Das Verfahren ermittelt unter dem Ziel Kostenminimierung die Zahl der erforderlichen Lagerorte, deren Standorte und den Bestand jedes Lagers. Es berücksichtigt Frachtkosten, fixe Kosten für Lagermittel und nicht lineare Kosten für Lagerbestände. Das Verfahren geht zur Ermittlung des Optimums in Stufen vor. Seine Anwendung wird dadurch eingeschränkt, daß es nur auf ein Produkt und eine Zeitperiode begrenzt ist.

Ein beachtenswertes Verfahren zur Ermittlung des Standortes von Lagern bieten Kuehn und Hamburger²⁾ an. Es geht mehrstufig vor und berücksichtigt ebenfalls verschiedene lineare und nicht lineare Kostenfunktionen. Die Nachteile dieses Verfahrens bestehen vornehmlich darin, daß die Kundennachfrage deterministisch ausgedrückt werden muß, lediglich ein Produkt berücksichtigt wird und es eine gute Näherungslösung liefert, aber nicht zwangsläufig zur optimalen Lösung gelangt.

Ein dynamisches Modell, vornehmlich zur Standortbestimmung von Lagern, schlägt Ballou³⁾ vor. Es stellt Erlöse und Kosten gegenüber, berücksichtigt aber im wesentlichen nur die Transportkosten und ein Produkt.

Die eben behandelten drei Verfahren weisen insbesondere die Nachteile auf, daß lediglich ein Produkt und nur ein Teil der Komponenten der Versandstruktur berücksichtigt werden.

-
- 1) Vgl. Baumol, W. J., Wolfe, P., A Warehouse-Location Problem, in: Operations Research, Vol. 6, 1958, S. 252 ff.
 - 2) Vgl. Kuehn, A. A., Hamburger, M. J., A Heuristic Program for Locating Warehouses, in: MSc., Vol. 9, 1963, S. 643 ff.
 - 3) Vgl. Ballou, R. H., Dynamic Warehouse Location Analysis, in: Journal of Marketing Research, Vol. V, August, 1968, S. 271 ff.

Alle bisher entwickelten Verfahren der mathematischen Entscheidungsforschung eignen sich, wie wir sahen, nur für Teilprobleme der Gestaltung der Versandstruktur. Aufgrund der Interdependenz der einzelnen Komponenten bei Aufnahme eines ZL führt die Suboptimierung eines Teils der Versandstruktur nicht zwangsläufig zu einem Optimum der Gesamtstruktur. Es ist daher nur sehr begrenzt möglich, die bisher von der mathematischen Entscheidungsforschung angebotenen Alternativmodelle für Teilprobleme zur Beurteilung der Aufnahme eines ZL heranzuziehen.

523 Beurteilung mit Ermittlungsmodellen

523.1 Modellaufbau

Bei Ermittlungsmodellen wird im Gegensatz zu den Alternativmodellen lediglich für eine Konstellation der Variablen unter Berücksichtigung der nicht beeinflussbaren Konstanten bzw. Parametern ein Ergebnis ermittelt, daß sich aufgrund einer gegebenen Modellstruktur ergibt.

Ein Ermittlungsmodell läßt sich formal wie folgt darstellen:

$$E = f(K, x)$$

Es bedeuten:

E = das Ergebnis

K = Konstanten bzw. Parameter

x = unabhängige Variablen, für die jeweils feste Größen angenommen werden

f = Funktion zwischen dem Ergebnis (E), den Konstanten bzw. Parametern (K) und den Variablen (x).

Da jeweils für die Variablen eine feste Größe angenommen wird, erhalten diese ebenfalls weitgehend den Charakter von Konstanten.

Zieht man für die Entscheidung über die Aufnahme eines ZL ein Ermittlungsmodell heran, so läßt sich mit diesem nur für eine fest angenommene Ausprägungsform

der Versandstruktur - wobei auch weitgehend Annahmen über die Ausgestaltung der einzelnen Komponenten getroffen werden müssen ¹⁾ - die Kosten für eine oder mehrere Perioden errechnen. Um Entscheidungen fällen zu können, müssen diese entweder mit den tatsächlichen Kosten der vorhandenen Struktur oder den errechneten Kosten für weitere Strukturen verglichen werden. Da sich kein Optimum ermitteln läßt, weiß man nicht, wenn für verschiedene Versandstrukturen die Kosten pro Periode ausgerechnet wurden, ob nicht noch weitere Ausgestaltungsformen möglich sind, bei denen die gesamte Verteilung mit noch niedrigeren Gesamtkosten erfolgen könnte.

Ein Ermittlungsmodell für die Errechnung der Kosten pro Periode für eine mögliche Ausgestaltungsform der Versandstruktur mit ZL muß folgende Faktoren enthalten.

$$K = K_L + K_T + K_{LM} + K_{TM} + K_K$$

Wobei bedeuten:

- K = Gesamtkosten
- K_L = Lagerkosten
- K_T = Kosten auf dem Transport ²⁾
- K_{LM} = Kosten für Lagermittel
- K_{TM} = Kosten für Transportmittel
- K_K = Kosten für Kommunikation

Jeweils pro Periode.

Bezeichnen wir die Lagerstufen mit i und die Transportstufen zwischen den Lagerstufen bzw. der letzten Lagerstufe und den Abnehmern mit j, wobei gilt:

$$\begin{aligned} i &= 1 \dots m \\ j &= 1 \dots n \end{aligned}$$

-
- 1) Ein Ermittlungsmodell kann außerdem benutzt werden, um die Wirkungen unterschiedlicher Gestaltung der Komponenten zu berechnen.
 - 2) Dazu gehören z. B. Zinskosten für Kapitalbindung der Güter auf dem Transport.

So können wir umseitige Formel auch noch weiter aufteilen. Es gilt:

$$K = \sum_{i=1}^m K_{Li} + \sum_{j=1}^n K_{Tj} + \sum_{i=1}^m K_{LMi} + \sum_{j=1}^n K_{TMj} + K_K$$

Es bedeuten:

- K_{Li} = Lagerkosten pro Lagerstufe i
- K_{Tj} = Transportkosten pro Transportstufe j
- K_{LMi} = Lagermittelkosten pro Lagerstufe i
- K_{TMj} = Transportmittelkosten pro Transportstufe j

jeweils pro Periode.

Die einzelnen Faktoren der Gleichung lassen sich nach Objekten zum Teil noch weiter untergliedern, z. B. die Lagerkosten pro Stufe in die Kosten am einzelnen Lager, die Transportmittelkosten in die Kosten für einzelne Transportmittelarten (z. B. Fahrzeugarten).

Bezeichnen wir die Lager der Lagerstufe i mit k_i und die eingesetzten Transportmittelarten auf der Transportstufe j mit l_j , wobei gilt

$$k_i = 1 \dots o_i$$

$$l_j = 1 \dots p_j$$

so läßt sich die Formel wie folgt schreiben.

$$K = \sum_{i=1}^m \sum_{k_i=1}^{o_i} K_{L_{ik_i}} + \sum_{j=1}^n \sum_{l_j=1}^{p_j} K_{T_{jl_j}} + \sum_{i=1}^m \sum_{k_i=1}^{o_i} K_{LM_{ik_i}} + \sum_{j=1}^n \sum_{l_j=1}^{p_j} K_{TM_{jl_j}} + K_K$$

Es bedeuten:

- $K_{L_{ik_i}}$ = Kosten des Lagers k_i der Lagerstufe i
- $K_{T_{jl_j}}$ = Transportkosten der Transportmittelart l_j der Transportstufe j
- $K_{LM_{ik_i}}$ = Lagermittelkosten des Lagers k_i der Lagerstufe i
- $K_{TM_{jl_j}}$ = Transportmittelkosten für die Transportmittelart l_j der Transportstufe j

jeweils pro Periode. ¹⁾

1) Anstatt nach Transportmittelarten können die Transportkosten und die Transportmittelkosten pro Stufe auch nach Transportwegen aufgeteilt werden. Die Formel gilt dann analog.

Alle Kosten in der vorstehenden Gleichung setzen sich aus verschiedenen Kostenarten zusammen. In Abb. 35 auf der nächsten Seite sind für alle Komponenten der vorstehenden Formeln die enthaltenen Hauptkostenarten aufgeführt. Dabei wurde versucht, soweit möglich, zwischen fixen und variablen Kosten zu unterscheiden. Bei Lager- und Transportmitteln ist jeweils unterteilt in eigene und fremde, da je nachdem unterschiedliche Kostenarten anfallen.

523.2 Modellerstellung

Bei der Aufstellung eines Ermittlungsmodells für eine Versandstruktur mit oder ohne ZL muß man jeweils von den einzelnen Kostenarten ausgehen. Möglichst für jeden Teilbereich einer Komponente sind die einzelnen Kostenarten getrennt zu ermitteln. Beispielsweise beginnt man bei der Ermittlung der Lagermittelkosten bei den einzelnen Kostenarten an jedem Lager. Alle Kostenarten werden dann zusammengefaßt zu den Lagermittelkosten pro Lager. Diese gehen dann entsprechend den angegebenen Formeln in die Gesamtkosten ein.

Die einzelnen Kostenarten bei den Komponenten sind jeweils von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Beispielsweise richten sich die Zinskosten nach den Lagerbeständen, diese wiederum werden vornehmlich beeinflußt von der Nachfrage und den Zuflüssen aus der Fertigung. Ähnlich ist es bei allen übrigen Kostenarten.

Eine wichtige Frage bei der Aufstellung eines Ermittlungsmodells ist, wann ins Detail vorgestoßen und genaue Abhängigkeiten festgestellt werden müssen und wann weitgehend geschätzte Globalgrößen angesetzt werden können. Hierbei ist zu beachten, daß

Abb. 35

Hauptkostenarten der einzelnen Komponenten der Versandstruktur

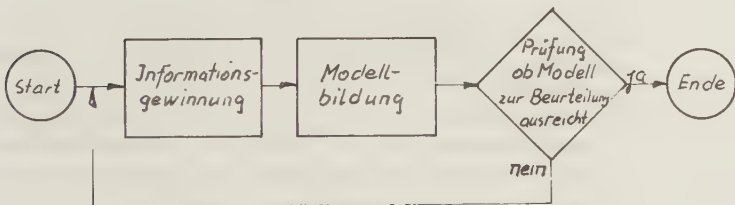
Elemente	Abhängigkeit	Hauptkostenarten
Lager	variable	Zinskosten für Kapitalbindung Kosten für Beschädigung, Verderb
Transporte	variable	Zinsen für Kapitalbindung der Güter am Transport, Kosten für Beschädigung, Verderb
Lagermittel	fixe	Abschreibung, kalk. Zinsen, Löhne, Instandhaltung
	variable	Energie, Löhne, Material
	fixe/ variable	Miete, Pflege der Lager- güter
Transportmittel	fixe	Abschreibungen, kalk. Zinsen, Löhne, Versicherungen, Steuern
	variable	Brennstoffe, Reparaturen, Instandhaltung
	variable	Frachten
Kommunikation	fixe/ variable	Abschreibung, Miete, Löhne Fremdleistungen

einerseits durch die Zusammenfassung von Details zu Globalgrößen gewisse Einzelheiten untergehen, andererseits der Aufwand für die Modellerstellung mit der Zunahme der Abbildungsgenauigkeit meist progressiv wächst. Allgemein gilt, daß der Aggregationsgrad, d. h. der Grad der Zusammenfassung von Details, vom Untersuchungszweck abhängt.¹⁾ Eine Grenze für die Genauigkeit der Modellanalyse ist auf jeden Fall an dem Punkt erreicht, an dem der Aufwand stark ansteigt und in keinem Verhältnis mehr zum Wert der zusätzlich erzielten Information steht.

Für die Beurteilung der Versandstruktur mit einem Ermittlungsmodell empfiehlt es sich, von einem sehr globalen Modell auszugehen und von diesem ins Detail vorzudringen. Die Vorgehensweise bei der Modellbildung zeigt folgendes Bild.

Abb. 36

Vorgehensweise bei der Erstellung eines Ermittlungs-
modells



1) Vgl. Koller, H., Simulation und Planspieltechnik,
a. a. O., S. 35.

Zuerst sind Informationen über die spezifischen Gegebenheiten zu gewinnen. Aufgrund dieser wird ein Modell gebildet. Ist dieses erstellt, wird geprüft, ob es zur Beurteilung ausreicht. Sollte das nicht der Fall sein, müssen weitere Informationen beschafft und ein detailliertes Modell abgebildet werden.

Diese Vorgehensweise bietet folgende Vorteile. Um ein detailliertes Modell zu entwickeln, in dem genaue Kosten verursacht durch verschiedene Einflußfaktoren abgebildet sind, ist oft ein großer Aufwand und viel Zeit erforderlich. Eine Versandstruktur mit ZL muß in erster Linie abgebildet werden, um sie mit anderen zu vergleichen. Für diesen Vergleich reicht häufig bereits ein relativ globales Modell. In einer Versandstruktur können einzelne Nebenbedingungen Grenzen bilden (z. B. entstehen durch die Eigenschaften der Erzeugnisse Grenzen für die Lagerung). Diese Grenzen zeigen sich häufig bereits bei einem globalen Modell. Es wäre in einem solchen Fall verschwendete Zeit und unnützer Aufwand, wollte man für die Beurteilung ein Detailmodell heranziehen.

Datalluntersuchungen sind vor allem dann erforderlich, wenn einzelne Kostenarten stark von einzelnen Einflußfaktoren abhängen. Hier wird man im allgemeinen Sensitivitäts- oder Empfindlichkeitsanalysen¹⁾ durchführen, bei denen die Auswirkungen auf die Kosten bei Variation des einzelnen Einflußfaktors untersucht werden.

Der Hauptnachteil eines Ermittlungsmodells besteht darin, daß stochastische Elemente nicht ausgedrückt werden können. Eine wichtige Nebenbedingung für jede

1) Vgl. Dinkelbach, W., Sensitivitätsanalysen und parametrische Programmierung, Berlin, Heidelberg, New York 1969, S. 25 ff.; Müller-Merbach, H., Operations Research, Berlin und Frankfurt 1969, S. 149 ff.

Versandstruktur ist die Nachfrage der Kunden. Diese schwankt sowohl für die einzelnen Produkte als auch für die Absatzgebiete im Zeitverlauf und müßte daher eigentlich als stochastische Größe in das Modell eingehen. Von der Nachfrage abhängig sind die in der Versandstruktur zu bewältigenden Mengen. Nach diesen richten sich sämtliche variablen Kosten. Diese schwanken innerhalb der vom Ermittlungsmodell erfaßten Gesamtperiode. Da diese Schwankungen bei diesem Modell nicht berücksichtigt werden können, muß man bei der Kostenermittlung weitgehend von durchschnittlichen Nachfragemengen ausgehen. Man erhält damit die durchschnittlichen Mengenströme in der Versandstruktur und muß versuchen, hiermit die variablen Kosten pro Periode zu errechnen. Dieser Hauptnachteil des Ermittlungsmodells läßt sich bei Verwendung eines Simulationsmodells weitgehend ausschalten.

524 Beurteilung mit Simulationsmodellen

524.1 Kennzeichnung der Simulation

524.11 Anwendungsbereich

"Das Wort 'Simulation' wird in einer Vielzahl von Bedeutungen verwandt, wobei stets der Gedanke beteiligt ist, mit einem Modell zu experimentieren, das die Wirklichkeit abbildet."¹⁾

Wir bezeichnen im Rahmen dieser Untersuchung mit Simulation²⁾ eine Vorgehensweise, bei der die Real-

1) Mertens, P., Simulation, Stuttgart 1969, S. 7.

2) Der Ausdruck Simulation wird in der Literatur teils viel weiter, teils enger gefaßt. In dem hier gebrauchten Sinn wird auch der Ausdruck Berechnungsexperiment benutzt. Vgl. zum Beispiel Koller, H., Simulation und Planspieltechnik, (Fortsetzung der Fußnote auf der nächsten Seite.)

tät mit Hilfe eines mathematischen Modells abgebildet wird und ein Verfahren verfügbar ist, um anhand dieses Modells Experimente durchführen zu können.

Soll das Modell zur Beurteilung einer Versandstruktur herangezogen werden, muß es in der Lage sein, Zeitreihen über beliebige Perioden zu erzeugen - also eine dynamische Betrachtung zuzulassen - und stochastische Prozesse abzubilden. Im allgemeinen wird sich die Simulation mit einem solchen Modell nur unter Einsatz eines Computers durchführen lassen.

Durch die Simulation wird der Anwendungsbereich der mathematischen Modellanalyse im allgemeinen erweitert, denn durch sie lassen sich Probleme erfassen, zu deren Beurteilung Alternativ- und Ermittlungsmodelle nicht mehr geeignet sind.

Gegenüber den Alternativmodellen haben Simulationsmodelle den Vorteil, daß sich mit ihnen die Realität wirklichkeitsgetreuer abbilden läßt. Man ist bei ihnen nicht gezwungen, um Rechenverfahren anwenden zu können, einen hohen Abstraktionsgrad anzulegen und starke Vereinfachungen vorzunehmen. Simulation wird man daher vor allem dann einsetzen, wenn die Zusammenhänge sehr komplex sind und keine Rechenverfahren zur Optimierung mehr zur Verfügung stehen. Mit Hilfe der Simulation läßt sich das Schwanken einzelner Größen im Zeitverlauf abbilden, wie z. B. in der Ver-

a. a. O., S. 70 ff.; Koxholt, R., Die Simulation, ein Hilfsmittel der Unternehmensforschung, München, Wien 1967, S. 11 ff.; Mertens, P., a. a. O., S. 7 ff.; Müller, W., Die Simulation betriebswirtschaftlicher Informationssysteme, a. a. O., S. 151 ff.; vgl. zusätzlich zum Problem der Simulation Chorafas, D. N., Systems and Simulation, New York, London 1965; Martin, F. F., Computer Modeling and Simulation, New York, London, Sydney 1968; Meier, R. C., Newell, W. T., Pazer, H. L., Simulation in Business and Economics, Englewood Cliffs, N. J., 1969; Mize, J. H., Cox, J. G., Essentials of Simulation, Englewood Cliffs, N. J., 1968.

sandstruktur das Variieren des Lagerbestandes, was in Alternativmodellen nur sehr schwer erfaßt werden kann. Überdies sind - was bei Alternativmodellen ebenfalls zum Teil Schwierigkeiten bereitet - stochastische Prozesse durch die Erzeugung von Zufallszahlen relativ einfach abbildbar.

Der Hauptnachteil der Simulation gegenüber Alternativmodellen besteht darin, daß bei ihr kein Rechenverfahren verfügbar ist, das zwangsläufig zu einem absoluten Optimum führt. Wenn bei der Simulation ein optimaler Wert ermittelt wurde, so bedeutet das, daß diese Lösung besser als alle anderen berechneten Einzelfälle ist. Ob sie gleichzeitig auch die absolut beste Lösung des Modells darstellt, kann daraus nicht geschlossen werden. Bei der Simulation entsteht im allgemeinen ein hoher Aufwand einerseits bei der Abbildung des Modells, zum anderen bei der Berechnung, da viele Möglichkeiten bzw. Zeiträume durchgerechnet werden müssen.

Mit einem Ermittlungsmodell hat die Simulation gemeinsam, daß bei beiden in ähnlicher Weise vorgegangen wird. Sowohl beim Ermittlungsmodell als auch bei der Simulation werden bei der Versandstruktur die Gesamtkosten für die abgebildete Situation ermittelt. Bei beiden ist kein Rechenverfahren vorhanden, das zwangsläufig zu einem absoluten Optimum führt.

Gegenüber einem Ermittlungsmodell weist die Simulation jedoch den Vorteil auf, daß bei ihr ein Verfahren verfügbar ist, mit dem an einem mathematischen Modell experimentiert wird, so daß dynamische Vorgänge und stochastische Prozesse relativ leicht abgebildet werden können. Mit Hilfe der Simulation läßt sich daher die Realität wirklichkeitsgetreu wiedergeben.

Wird die Versandstruktur mit einem Simulationsmodell dargestellt, so können das Schwanken der Nachfrage

über einen Zeitraum und die davon abhängigen Mengenströme nachgezeichnet werden. Anhand dieser lassen sich die variablen Kosten weitgehend, wie sie in Wirklichkeit anfallen, errechnen.

Gegenüber dem Ermittlungsmodell weist die Simulation vornehmlich den Nachteil auf, daß bei ihr umfangreiche Arbeiten für die Erstellung, das Aus-testen des Modells und die Simulationsdurchführung erforderlich sind. Bei der Simulation fallen daher im allgemeinen hohe Kosten an.

524.12 Durchführung

Bei der Simulation wird jeweils eine Ausgestaltungsform der Versandstruktur abgebildet. Für diese werden die Gesamtkosten pro Periode errechnet.

Um eine Entscheidung fällen zu können, müssen diese entweder den tatsächlichen Kosten der vorhandenen Versandstruktur oder den Kosten sonstiger Strukturen, die ebenfalls mit Hilfe eines Simulationsmodells ermittelt wurden, gegenübergestellt werden.¹⁾

Die Durchführung der Simulation läßt sich kurz wie folgt beschreiben. Das Modell bildet die Kundenaufträge und die von den Produktionsstätten abgegebenen

1) Mit Hilfe der Simulation lassen sich einerseits die Auswirkungen auf die Gesamtkosten errechnen, wenn man die Struktur grundlegend ändert. Zum anderen können auch die sich ergebenden Kostenkonsequenzen ermittelt werden, wenn lediglich eine Komponente etwas anders ausgestaltet wird (z. B. Einsatz anderer Transportmittel, Änderung des Standortes eines Lagers). Außerdem läßt sich bestimmen, welche Auswirkungen sich ergeben, wenn sich lediglich eine Nebenbedingung ändert (z. B. die Nachfrage sich verschiebt). Ein Vorteil der Simulation besteht darin, daß der Effekt die Änderung einer Größe beobachtet werden kann, während die übrigen Faktoren konstant gehalten werden.

Mengen über einen Zeitraum nach. Aufgrund dieser Daten werden die Mengenströme innerhalb der Versandstruktur, wie Lager- und Transportmengen, ermittelt. Das Modell errechnet die durch die Mengenströme verursachten variablen Kosten. Während die in der betrachteten Zeitperiode entstehenden fixen Kosten von außen in das Modell eingegeben werden.

Für die Durchführung der Simulation sind erforderlich:

1. das Modell
2. umfangreiche Daten.

Das Modell setzt sich zusammen aus der Modellstruktur und dem Experimentierverfahren. Die Modellstruktur bildet die jeweilige reale Situation ab. Das Experimentierverfahren steuert den Vorgang der Simulation im Zeitablauf. Beide, Modellstruktur und Experimentiervorgang sind eng verknüpft.

Der Erfolg der Simulation ist in erster Linie abhängig von der genauen Abbildung des realen Problems im Modell. Hauptschwierigkeit bei der Erstellung des Modells ist daher, genau die wirkliche Versandstruktur und die Vorgänge in ihr abzubilden. Dabei können wiederum nur quantifizierbare Faktoren berücksichtigt werden. Da die Wirklichkeit zu komplex ist, müssen beim Bau des Modells Vereinfachungen vorgenommen werden. Zum Beispiel kann man Kunden und Produkte nicht individuell betrachten, sondern muß sie zum Teil zu Typen zusammenfassen.

Für das Modell sind umfangreiche Daten erforderlich. Diese müssen noch vor dem Bauen des Modells durch Datensammlung und Datenanalyse gewonnen werden.

Bei der Simulation einer Versandstruktur lassen sich drei Arten von Daten unterscheiden:¹⁾

1) Vgl. Müller, W., Die Simulation betriebswirtschaftlicher Informationssysteme, a. a. O., S. 68 f.

Konstanten (Parameter)	Sie bilden feststehende Größen. Dazu gehören z. B. Frachtraten, Raten für periphere Bewegungsvorgänge am Lager.
Exogene Variablen	Diese Daten lösen die Vorgänge in der Versandstruktur aus. Sie werden von außen der Versandstruktur vorgegeben. Zu diesen Daten gehören die Nachfrage der Kunden und die Abgabemengen der Fertigungsstätten.
Endogene Variablen	Diese Daten werden aufgrund der exogenen Variablen und der Konstanten (Parameter) vom Modell erzeugt. Dazu gehören die Bestände in den einzelnen Lagern und die auf den einzelnen Wegen zu transportierenden Mengen.

Die bei der Simulation einer Versandstruktur zu bewältigenden Daten und Rechnungen sind so umfangreich, daß man im allgemeinen nicht ohne Einsatz eines Computers auskommt. Für diesen muß ein Computerprogramm erstellt werden, in dem die Modellstruktur und das Experimentierverfahren enthalten sind.¹⁾

524.2 Darstellung der Simulation anhand eines Beispiels

524.21 Beschreibung des Beispiels

Im Gegensatz zu Alternativmodellen, bei denen jeweils ein fester Modellaufbau und ein Rechenverfahren verfügbar sind, gibt es bei der Simulation einer Versand-

1) Zur Durchführung der Simulation mit Hilfe von Computern wurden verschiedene Programmiersprachen entwickelt. Vgl. Koxholt, R., Die Simulation, ein Hilfsmittel der Unternehmensforschung, a. a. O., S. 57 ff.

struktur¹⁾ keine Modellstruktur und kein Experimentierverfahren, die generell anwendbar wären. Hier müssen beide aus den jeweiligen Gegebenheiten abgeleitet werden.

Da in der Realität kaum zwei Unternehmen vorhanden sind, die sich deckende Versandstrukturen aufweisen, wird man stets - wenn die Simulation zur Beurteilung einer Versandstruktur herangezogen werden soll - ein eigens für die jeweiligen Gegebenheiten geltendes Modell aufstellen müssen.

Um eine mögliche Modellstruktur und die Vorgehensweise für eine Modellbildung einer Versandstruktur mit ZL zu zeigen, sind wir daher gezwungen, von einem Beispiel auszugehen. Dabei wählen wir eines, bei dem sich nach unserer Ansicht alle wichtigen Probleme und die Vorgehensweise bei der Simulation einer Versandstruktur mit ZL treffend aufzeigen lassen. Es ist jedoch zu beachten, daß die Modellstruktur und das Experimentierverfahren nur für das abgebildete Beispiel gelten. Soll eine anders ausgestaltete Versandstruktur mit ZL oder eine Struktur ohne ZL mit Hilfe eines Simulationsmodells beurteilt werden, müssen die Modellstruktur und das Experimentierverfahren entsprechend den Vorgängen in der Realität geändert werden.

Das Beispiel weist eine Versandstruktur wie unsere anfangs betrachtete Grundstruktur auf, bei der Typ

1) Vgl. zum Problem der Simulation einer Versandstruktur Wong, Y., Simulation of a Distribution System, Dissertation Graduate School of Business Administration, New York University, 1968; Gerson, M. L., Maffei, R. B., Technical Characteristics of Distribution Simulators, in: MSc, Vol. 10, No. 1, October, 1963, S. 62 ff.; Glassey, C. R., Critical Comments on "Technical Characteristics of Distribution Simulators" by Gerson and Maffei, in: MSc, Vol. 11, No. 3, January, 1965, S. 488 ff.; Shycon, H. N. Maffei, R. B., Simulation - Tool for Better Distribution, in: HBR, Vol. 38, No. 6, November-December, 1960, S. 65 ff.

I und Typ II kombiniert sind. Hinsichtlich der Nebenbedingungen wollen wir weitgehend die Annahmen treffen, von denen wir bereits bei der Beurteilung der Wirkungen auf die einzelnen Komponenten ausgingen.¹⁾ Darüber hinaus sind jedoch noch zusätzliche Annahmen erforderlich. Wir unterstellen daher eine Industrieunternehmung mit folgenden Eigenschaften.

Die Unternehmung verkauft ca. 800 Erzeugnisse. Sie bedient ein Absatzgebiet, das aufgeteilt ist in zwölf Verkaufsgebiete. In jedem befindet sich ein Gebietslager. Alle Gebietslager werden von einem ZL aus versorgt, das seinen Standort etwa in der Mitte des gesamten Verkaufsgebietes hat. In jedem Verkaufsgebiet sind ca. 200 - 300 Kunden zu bedienen. Jeder davon bezieht unterschiedliche Artikel und von jedem wiederum verschiedene Mengen. Das Unternehmen teilt die Kunden in zwei Klassen ein, in sog. Groß- und Kleinkunden. Kunden, die immer oder manchmal eine ganze Wagenladung bestellen, sind Großkunden. Sie werden, wenn sie eine ganze Wagenladung ordern, direkt vom ZL, sonst vom jeweiligen Gebietslager aus beliefert. In jedem Verkaufsgebiet befinden sich jeweils vier bis sechs Großkunden. Kleinkunden werden ausschließlich vom Gebietslager aus bedient. Das Unternehmen stellt das angebotene Programm in vier Fertigungsstätten her. Jede ist auf einen Teil der Erzeugnisse spezialisiert. Alle, die Fertigungsstätten verlassen, den Erzeugnisse werden so schnell wie möglich zum ZL gebracht, so daß die Werklager bei der Fertigung sehr klein sind. Hier wird im allgemeinen im Durchschnitt eine halbe Wagenladung gelagert.

Die Transporte von den Fertigungsstätten zum ZL, vom ZL zu den Gebietslagern und vom ZL zu den Kunden werden durch Lastwagen und Lastzüge fremder Spediteure vorgenommen. Diese setzen für die Transporte von den Werken zum ZL und dem ZL zu den Gebietslagern 38 t Last-

1) Vgl. S. 56 f.

züge und für die Belieferung vom ZL zu den Kunden 6 t Lastwagen ein. Alle Transporte erfolgen jeweils innerhalb eines Tages.

Das Programm setzt sich aus sich schnell und langsam umschlagenden Artikeln zusammen. Entsprechend teilt das Unternehmen seine Erzeugnisse in zwei Gruppen ein. Die sich schnell umschlagenden Artikel müssen an jedem Gebietslager verfügbar sein. Hier- von werden dort entsprechende Bestände gelagert. Die sich langsam umschlagenden Artikel werden an den Gebietslagern nicht vorrätig gehalten. Sie werden nach Bedarf vom ZL angeliefert.

Das ZL beliefert die Gebietslager, sobald eine ganze Lastwagenladung angefahren werden kann. Im all- gemeinen ist das zweimal pro Woche. Diese Lieferun- gen enthalten die sich langsam umschlagenden Artikel, die das Gebietslager nicht vorrätig hatte und die erforderlichen Bestandsergänzungen der sich schnell umschlagenden Artikel.

Alle Erzeugnisse werden in den Fertigungsstätten auf Paletten gepackt. Sich schnell umschlagende Er- zeugnisse bleiben im allgemeinen auf diesen bis zum Gebietslager. Langsam sich umschlagende Artikel wer- den beim ZL umgepackt. Soweit Lieferungen vom ZL an Kunden erfolgen, müssen auch hierfür zum Teil sich schnell umschlagende Erzeugnisse beim ZL umgepackt werden.

In der Versandstruktur fallen fixe und variable Ko- sten an. Das zu formende Simulationsmodell soll über- wiegend die mengenabhängigen variablen Kosten pro Periode berechnen. Die zeitabhängigen fixen Kosten werden getrennt ermittelt und zur Errechnung der Gesamtkosten von außen in das Modell eingegeben.

Wie bisher immer angenommen, werden die Kosten der Werke ausgeklammert, da diese nicht zur Versand-

struktur gehören. Ebenso bleiben die Kosten des Verkaufsweges unberücksichtigt.

524.22 Abbildung des Beispiels als Modell

524.221 Vorgenommene Vereinfachungen

Beim Modellbauen muß das reale System in abstrakten und logischen Formulierungen abgebildet werden. Wie bei jedem Modell, so kann auch bei der Simulation nicht das wirkliche System in seiner ganzen Komplexität nachgeformt werden. Es sind daher Vereinfachungen vorzunehmen. Hier entsteht das Problem, daß die dabei getroffenen Annahmen die Genauigkeit der Modellbildung so wenig wie möglich beeinflussen dürfen. Trotz dieser Vereinfachungen muß die abgebildete Versandstruktur die Hauptelemente der physischen Struktur in sich vereinen. Vereinfachungen sind vornehmlich bei den Kunden, Produkten und Lagerbeständen vorzunehmen.

Bei der Vielzahl der Kunden ist es unmöglich, alle individuell zu berücksichtigen. Sie werden deshalb zu Klassen zusammengefaßt. Die sich in jedem Gebiet befindenden vier bis sechs Großkunden werden jeweils individuell betrachtet. Jeder bildet eine Kundenklasse. Die übrigen Kleinkunden werden in sechs Klassen zusammengefaßt. In jedem Verkaufsgebiet erteilen somit maximal zwölf Kundenklassen Aufträge.

Ebenso wie bei den insgesamt ca. 3000 Kunden können nicht alle ca. 800 Erzeugnisse einzeln berücksichtigt werden. Sie sind gegebenenfalls nach Ursprungs-ort, Frachtraten, Raten für die peripheren Bewegungsvorgänge am Lager und Schnelligkeit des Umschlages in Klassen einzuteilen.

In diesem Beispiel wollen wir lediglich unter Berücksichtigung des Ursprungsortes und der Schnelligkeit des Umschlages verschiedene Erzeugnisklassen bilden. Vier Produktionsstätten liefern die Fertigfabrikate an die Versandstruktur. Jede stellt schnell und langsam sich umschlagende Erzeugnisse her. Wir erhalten somit acht Erzeugnisklassen.

Bei ca. zwölf Kundenklassen in jedem der zwölf Verkaufsgebiete und acht Erzeugnisklassen erhalten wir ca. 1150 Orderklassen ($12 \text{ Kundenklassen} \times 12 \text{ Verkaufsgebiete} \times 8 \text{ Erzeugnisklassen}$).

An jedem Gebietslager sind für die sich schnell umschlagenden Erzeugnisse Grund- und Sicherheitsbestände zu halten. Da die Erzeugnisse nicht individuell berücksichtigt werden, sondern in vier Klassen zusammengefaßt sind, können im Modell nur die zu haltenden Bestände global für diese vier Erzeugnisklassen festgesetzt werden. Bei der Bestimmung dieser Bestände ist so vorzugehen. Man legt je Gebiet und pro Erzeugnisart unter Berücksichtigung der langfristigen Nachfrageschätzungen die jeweiligen Grund- und Sicherheitsbestände fest. Die Grund- und Sicherheitsbestände aller in einer Erzeugnisgruppe zusammengefaßten Artikel werden addiert. Sie ergeben die Grund- und Sicherheitsbestände der einzelnen Erzeugnisgruppe im Modell.

Die Fertigungsstätten erzeugen die einzelnen Artikel überwiegend in Losen, so daß diese stoßweise und nicht kontinuierlich in die Versandstruktur gelangen. Da das Modell nur Erzeugnisgruppen berücksichtigt, wird angenommen, daß zwar der einzelne Artikel pro Gruppe stoßweise, die gesamte Erzeugnisgruppe jedoch in konstanten Mengen je Zeiteinheit von der Fertigung an die Versandstruktur abgegeben wird. Die dabei pro Erzeugnisgruppe je Tag übergebe-

nen Mengen werden aufgrund langfristiger Nachfrageschätzungen vorab festgelegt und in das Modell eingegeben.¹⁾

524.222 Modell

524.222.1 Grundsätzlicher Aufbau und Ablauf

Die kleinste vom Modell erfaßte Zeiteinheit bei der Nachbildung der Vorgänge in der Versandstruktur ist ein Tag. Das Modell kann insgesamt eine beliebig lange Periode nachformen. Entsprechend der Länge dieser Periode wächst die benötigte Zeit zum Durchrechnen des Modells im Computer. Im allgemeinen wird man die Vorgänge in der Versandstruktur jeweils über einige Monate, ein oder mehrerer Jahre nachformen und für diese Periode die entstehenden Kosten errechnen.

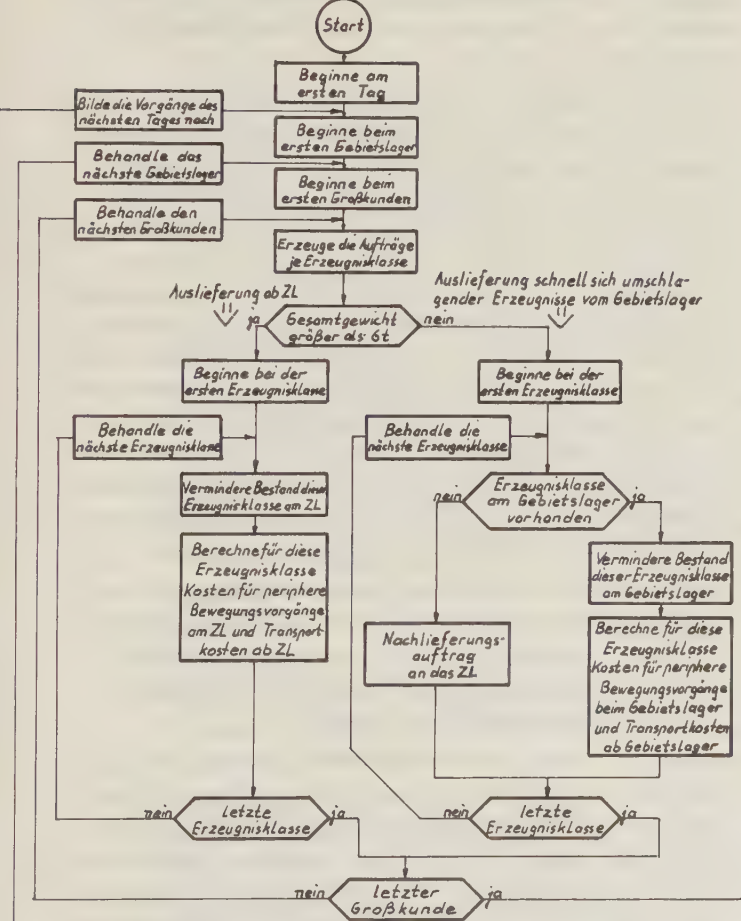
Bei Beginn der Simulation sind innerhalb des Modells am ZL für alle Erzeugnisklassen und an den Gebietslagern pro Klasse der sich schnell umschlagenden Artikel jeweils durchschnittliche Bestände vorhanden.

Die pro Tag vom Modell nachgebildeten Vorgänge sind in folgendem Strukturdiagramm in Abbildung 37 auf der nächsten Seite aufgezeigt. Wir wollen hier kurz

-
- 1) Es ist auch eine andere Nachlieferungsweise denkbar. Welche Art der Nachlieferung im Modell gewählt wird, hängt in erster Linie von der in der Realität vorhandenen Anpassungsmöglichkeit der Fertigung an die Nachfrage ab. Die im obigen Beispiel gewählte Nachlieferungsweise geht davon aus, daß die Fertigungsmenge langfristig konstant gehalten wird. Kann die Fertigungsmenge in der Wirklichkeit kurzfristig an Nachfrageschwankungen angeglichen werden, so läßt sich auch dies im Modell berücksichtigen. Es müßte dann im Simulationsmodell festgelegt werden, daß die Nachlieferungsmenge pro Tag aus der Fertigung, entsprechend vorgegebenen Regeln - die der Anpassungsweise in der Realität entsprechen - aus der tatsächlichen kurzfristigen, vom Modell nachgeformten Nachfrage abgeleitet wird.

Großkunden

Erzeugung der Aufträge - Auslieferung der Erzeugnisse vom ZL, wenn eine ganze Wagenladung bestellt wird - Auslieferung der schnell sich umschlagenden Erzeugnisse vom Gebietslager, wenn weniger als eine Wagenladung geordert wird



Kleinkunden

Erzeugung der Aufträge - Auslieferung der schnell sich umschlagenden Erzeugnisse vom Gebietslager

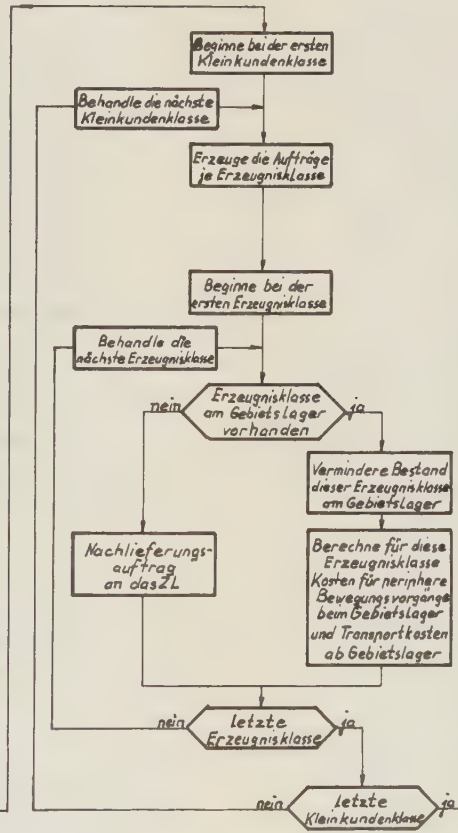
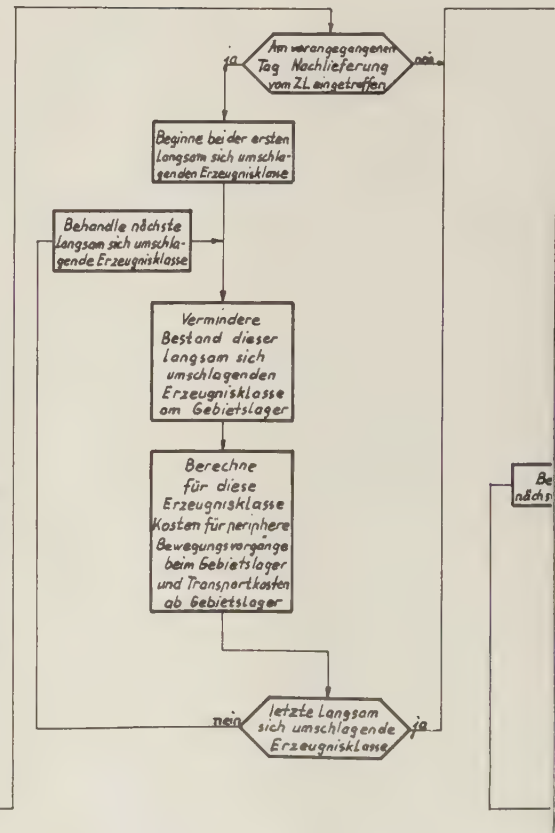


Abb 37

Flußdiagramm des Simulat

Auslieferung langsam sich umschlagender Erzeugnisse vom Gebietslager



onsmodells

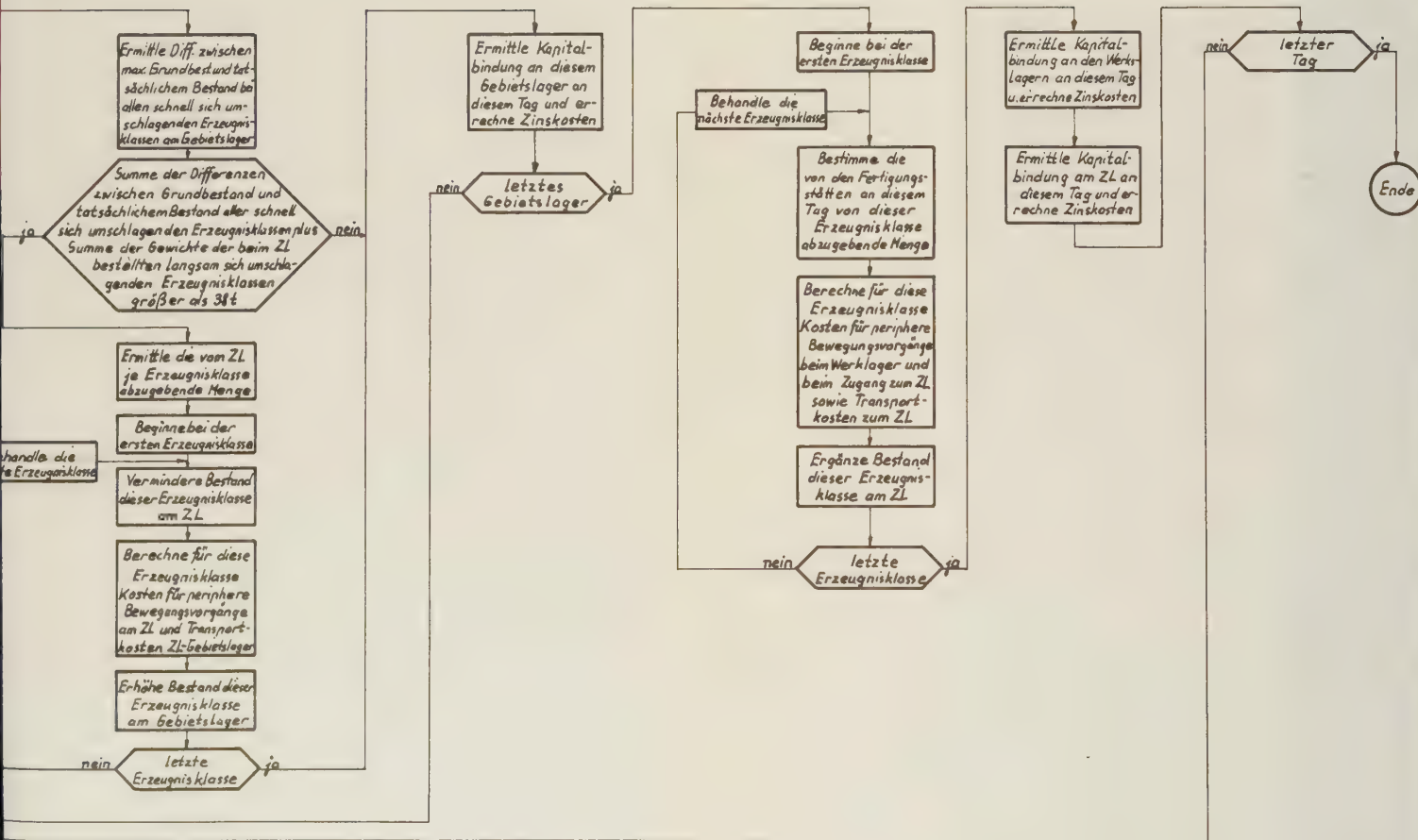
Nochlieferung vom ZL
zum Gebietslager

Berechnung der Kapital-
bindung am Gebietslager
und der Zinskosten

Belieferung des ZL
aus den Fertigungsstätten

Berechnung der Kapital-
bindung und der Zins-
kosten an den Werkslagern
und am ZL

Abfrage:
Periodenende



die Vorgehensweise des Modells, wie sie im Flußdiagramm abgebildet ist, beschreiben und dann auf zwei wichtige Punkte, die Erzeugung der exogenen Variablen, d. h. der Aufträge, und die Ermittlung der Kosten in den nächsten Abschnitten noch näher eingehen.

Das Modell bildet pro Gebietslager zuerst die Aufträge der Großkundenklassen ab. Je Großkundenklasse erzeugt es Auftragsmengen für jede Erzeugnisklasse. Bei jeder Großkundenklasse wird abgefragt, ob das Gesamtgewicht 6 t überschreitet. Ist dies der Fall, so wird der Auftrag vom ZL aus ausgeliefert. Pro Erzeugnisklasse werden die Bestände am ZL vermindert und die durch die Auslieferung entstehenden Kosten errechnet. Erteilt ein Großkunde einen Auftrag unter 6 t wird dieser vom Gebietslager aus ausgeführt. Sich schnell umschlagende Erzeugnisse werden sofort ausgeliefert. Auch hierfür werden sofort die Bestandsverminderungen am Gebietslager und die Auslieferungskosten ermittelt. Langsam sich umschlagende Erzeugnisse müssen erst beim ZL nachbestellt werden.

Nach den Großkundenklassen werden die Aufträge der Kleinkundenklassen erzeugt. Auch hier wird jeweils für jede Erzeugnisklasse die Ordermenge festgestellt. Alle Kleinkundenaufträge werden behandelt wie die Großkundenaufträge unter 6 t.

Sobald für alle Kleinkundenklassen die Aufträge eines Tages nachgebildet sind, wird abgefragt, ob am letzten Tag langsam sich umschlagende Erzeugnisse, welche die Kunden in den vorangegangenen Tagen seit der letzten Lieferung bestellten, vom ZL nachgeliefert wurden. Ist dies der Fall, werden dafür die Bestandsverminderungen am Gebietslager und die Auslieferungskosten festgesetzt.

Nachdem für alle Erzeugnisgruppen die Bestandsänderungen und Auslieferungskosten ermittelt sind, wird abgefragt, ob die vorhandenen Bestände so zurückgegangen sind und soviel langsam sich umschlagende Erzeugnisse bestellt wurden, daß eine ganze Lastwagenladung mit 38 t aus dem ZL nachgeliefert werden kann. Erfolgte in der letzten Periode keine Nachlieferung, schließt sich diese Abfrage sofort an, nachdem die Kleinkundenaufträge ausgeführt sind. Kann eine ganze Wagenladung vom ZL zum Gebietslager gebracht werden, ermittelt das Modell die Mengen, die von jeder Erzeugnisklasse nachgeliefert werden müssen.¹⁾ Dabei werden die gesamten bestellten langsam sich umschlagenden Erzeugnisgruppen ausgeliefert. Für den Restbetrag aus der Differenz zwischen 38 t und den Mengen der langsam sich umschlagenden Artikel werden schnell sich umschlagende Erzeugnisse zum Gebietslager gebracht. Kann nicht für jede Erzeugnisklasse der Grundbestand des Gebietslagers voll aufgefüllt werden, wird jede Klasse anteilig ergänzt (z. B. jeweils 90 % der Menge pro Erzeugnisklasse, um den Grundbestand voll aufzufüllen). Für jede Erzeugnisklasse errechnet das Modell die Bestandsverminderung am ZL, die Kosten der Auslieferung vom ZL zum Gebietslager und die Bestandszunahme dort.

Danach wird die durch alle noch an diesem Tag an dem betrachteten Gebietslager vorhandenen Bestände verursachte Kapitalbindung ermittelt. Daraus werden die Zinskosten errechnet.

Die bisher beschriebenen Vorgänge werden für jedes Gebietslager nachvollzogen.

Hat das Modell die Vorgänge bei allen Gebietslagern durchgespielt, bestimmt es die Mengen, die an diesem Tag von allen Erzeugnisgruppen von den Fertigungs-

1) Es wird unterstellt: es kommt nicht vor, daß von einer Erzeugnisklasse keine Bestände mehr am ZL vorhanden sind.

stätten an die Werklager ausgeliefert¹⁾ und von dort zum ZL transportiert werden.²⁾ Es errechnet die dabei anfallenden Kosten sowie die Bestände am ZL nach dieser Ergänzung.

Nachdem alle Erzeugnisgruppen durchgerechnet sind, ermittelt das Modell die durch die Bestände an den Werklagern und am ZL an diesem Tag verursachte Kapitalbindung und die dadurch anfallenden Zinsen.

Das Modell hat jetzt einen Tag nachgeformt. Wenn die betrachtete Gesamtperiode noch nicht zu Ende ist, beginnt es mit den Vorgängen des nächsten Tages, die entsprechend ablaufen.

524.222.2 Erzeugung der exogenen Variablen

Die auslösenden Daten der Vorgänge in der Versandstruktur sind die Aufträge der Groß- und Kleinkundenklassen.³⁾ Inwieweit sich die im Modell abgebildeten Vorgänge mit der Realität decken, richtet sich daher in erster Linie danach, wie genau die tatsächliche Auftragserteilung der Kunden im Modell widergegeben wird.

Um Daten über das Orderverhalten der Kunden zu gewinnen, kann man entweder von der Auftragserteilung in der Vergangenheit ausgehen oder man versucht Schätzwerte über die in Zukunft zu erwartende Auftragserteilung zu erhalten.

1) Vgl. S. 167 f.

2) Zur Vereinfachung wird angenommen, daß alle an einem Tag von den Fertigungsstätten an die Werklager abgegebenen Erzeugnisse zum ZL transportiert werden und an jedem Werklager am Ende jedes Tages ein Bestand in Höhe einer halben Lastwagenladung (19 t) lagert.

3) Die Nachlieferungsaufträge der Gebietslager an das ZL gehören zu den endogenen Variablen.

Bildet man das Orderverhalten in der Vergangenheit im Modell nach, so hat dies den Vorteil, daß man darüber Unterlagen besitzt und diese Daten genau erfassen kann. Die Entscheidung über die Gestaltung der Versandstruktur, für die das Modell Grundlagen liefert, wird jedoch für die Zukunft getroffen. Man sollte daher stets von der in Zukunft zu erwartenden Auftragserteilung ausgehen. Dies setzt jedoch umfangreiche Schätzungen voraus.

Um über das Orderverhalten im Modell möglichst wenig Daten speichern zu müssen, empfiehlt es sich, dies wie folgt abzubilden und nachzuformen.

Großkundenklassen ordern nicht alle Tage. Bei ihnen sind je Klasse gespeichert: der Mittelwert der Zeitperioden zwischen zwei Bestellungen und die Varianz. Aufgrund dieser Daten wird durch Zufallszahlenerzeugung zuerst ermittelt, ob am jeweiligen Tag ein Auftrag erteilt werden soll oder nicht.

In den Kleinkundenklassen sind so viele Kunden zusammengefaßt, daß jeden Tag jeweils mehrere davon Aufträge erteilen. Jede Kleinkundenklasse ordert daher jeden Tag.

Sowohl für jede Groß- als auch Kleinkundenklasse sind pro Gebiet und Erzeugnisgruppe Orderdaten entsprechend dem erwarteten Orderverhalten im Modell abgebildet. Wird erwartet, daß eine Kundenklasse in einem Gebiet eine Erzeugnisklasse wie folgt ordert

20 % der Zeit keinen Auftrag erteilt (andere Erzeugnisse werden bestellt)

50 % der Zeit 1 - 5000 kg

20 % der Zeit 5001 - 10000 kg

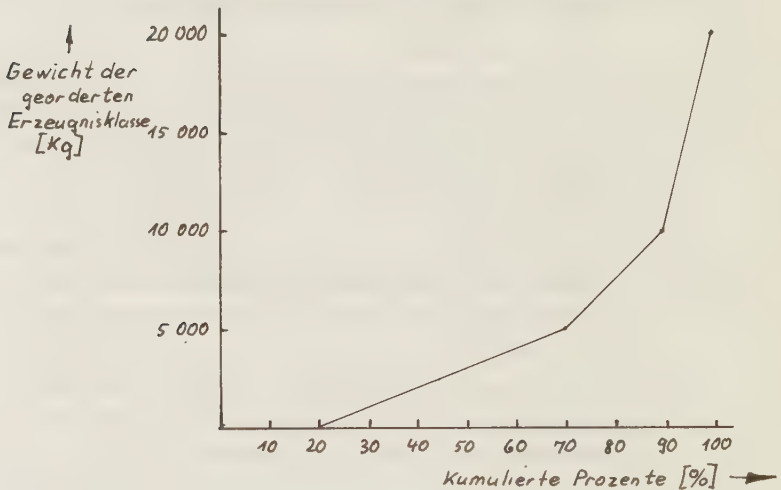
10 % der Zeit 10001 - 20000 kg bestellt,

so werden diese Daten im Modell bzw. Computerprogramm gespeichert.

Graphisch läßt sich dieses Orderverhalten, wenn man die kumulierten Prozentsätze ermittelt, durch eine kontinuierliche Funktion mit stückweise linearen Segmenten, wie in Abb. 38 dargestellt, wiedergeben.

Abb. 38

Abbildung des Orderverhaltens einer Kundenklasse für eine Erzeugnisklasse in einem Verkaufsgebiet



Diese Funktion bildet die Basis für eine Monte Carlo Simulation.¹⁾ Durch einen Zufallszahlengenerator wird

1) Vgl. Henn, R., Künzi, H. P., Einführung in die Unternehmensforschung I, Berlin, Heidelberg, New York 1968, S. 124 ff.

eine Zahl zwischen 0 und 100 erzeugt. Anhand dieser Zahl wird das Gewicht bestimmt, über das die Kundenklasse in dem Gebiet für die Erzeugnisklasse pro Tag Aufträge erteilt. Bei einer Zufallszahl von z. B. 50 ist die bestellte Menge 3000 kg. Wird eine Zufallszahl von 80 ermittelt, entspricht dies einer Menge von 7500 kg.¹⁾

Im Modell wird das Orderverhalten jeder der ca. zwölf Kundenklassen in jedem der zwölf Gebiete für jede der acht Erzeugnisklassen durch eine Funktion abgebildet. Insgesamt sind für das Abbilden der Kundenaufträge dann ca. 1150 Funktionen erforderlich.

524.222.3 Ermittlung der Kosten

Ausgehend von den Überwiegend durch die Kundenaufträge (exogenen Variablen) ausgelösten Mengenströmen (endogenen Variablen) errechnet das Modell die pro Tag anfallenden variablen Kosten. Am Ende der gesamten Simulationsperiode werden die variablen Kosten aller nachgebildeten Tage addiert. Sie ergeben zusammen mit den von außen eingegebenen fixen Kosten die Gesamtkosten.

In den Gesamtkosten enthalten sind folgende vom Modell berücksichtigte und zum Teil errechnete Kosten:

-
- 1) Die Kleinkundenaufträge können auch noch etwas wirklichkeitsnaher nachgebildet werden, wenn die Funktion nicht für die gesamte Kundenklasse, sondern den einzelnen Kunden gilt. Es wird zuerst durch Zufallszahlenermittlung festgestellt, wieviel Kunden pro Tag Aufträge erteilen. Für jeden davon wird dann einzeln mit Hilfe der abgebildeten Funktion die Ordermenge bestimmt. Vgl. Wong, Y., a. a. O., S. 37 f.

Werklager	variable Kosten für Lagerbestand, periphere Bewegungsvorgänge (Beladen der Lastzüge) fixe Kosten für Lagermittel
Transporte Werklager - ZL	variable Kosten für Frachten
Zentrallager	variable Kosten für Lagerbestand, periphere Bewegungsvorgänge (Entladen der Lastzüge und Befördern zu den vorgesehenen Abstellplätzen, Entnehmen aus den Abstellplätzen, Umsortieren, Umpacken und Beladen der Transportmittel) fixe Kosten für Lagermittel
Transporte ab ZL	variable Kosten für Frachten und zum Teil Entladen
Gebietslager	variable Kosten für Lagerbestand, periphere Bewegungsvorgänge (Entladen der Lastzüge und Befördern zu den vorgesehenen Abstellplätzen, Entnehmen aus den Abstellplätzen, Zusammenstellen nach Kundenwünschen und Beladen der Transportmittel) fixe Kosten für Lagermittel
Transporte Gebietslager - Kunden	variable Kosten für Transportmittel und Entladen fixe Kosten für Transportmittel

Die Kostenermittlung am Ende der gesamten Simulationsperiode erfolgt nach folgender Formel¹⁾ (fixe Kosten sind enthalten):

$$K = \sum_{i=1}^m L_1 i + \sum_{i=1}^m T_1 i + L_2 + \sum_{j=1}^n T_2 j + \sum_{j=1}^n L_3 j + \sum_{j=1}^n T_3 j$$

1) Nicht berücksichtigt sind die Kosten für die Kommunikation.

Es bedeuten:

- $i = 1.....m$ Nummer der Werke
- $j = 1.....n$ Nummer der Verkaufsgebiete (bzw.
des Gebietslagers)
- K = Gesamtkosten
- $L1_i$ = Kosten beim Werklager i
- $T1_i$ = Kosten für Transporte Werklager i zum ZL
- $L2$ = Kosten beim ZL
- $T2_j$ = Kosten für Transporte ab ZL in das Verkaufs-
gebiet j
- $L3_j$ = Kosten beim Gebietslager j
- $T3_j$ = Kosten für Transporte ab Gebietslager j

Die einzelnen Komponenten der obigen Formel setzen sich zum Teil, wie folgende Gleichungen zeigen, aus verschiedenen Kosten zusammen:

$$L1_i = L1B_i + L1P_i + L1F_i$$

$L1B_i$ = Kosten des Bestandes am Werklager i

$L1P_i$ = Kosten für periphere Bewegungsvorgänge
beim Werklager i

$L1F_i$ = Fixe Kosten beim Werklager i

$$L2 = L2B + L2P + L2F$$

$L2B$ = Kosten des Bestandes am ZL

$L2P$ = Kosten für periphere Bewegungsvorgänge am ZL

$L2F$ = Fixe Kosten beim ZL

$$T2_j = T2L_j + T2K_{kj}^{1)}$$

$T2L_j$ = Kosten für Transporte ZL - Gebietslager j

$T2K_{kj}$ = Kosten für Transporte vom ZL zum Großkunden
 k im Gebiet j

$k = 1.....O$ Nummer der Großkunden

1) $T1_i$ wird auf S. 181 weiter in Komponenten zerlegt.

$$L3_j = L3B_j + L3P_j + L3F_j$$

$L3B$ = Kosten des Bestandes beim Gebietslager j

$L3P_j$ = Kosten für periphere Bewegungsvorgänge beim Gebietslager j

$L3F_j$ = Fixe Kosten beim Gebietslager j

$$T3_j = T3V_j + T3F_j$$

$T3V_j$ = Variable Kosten für Transporte Gebietslager j zu Kunden

$T3F_j$ = Fixe Kosten für Transportmittel zur Auslieferung ab Gebietslager j

Nicht berücksichtigt sind in den obigen Formeln die Kosten für Bestände am Transport, da im betrachteten Beispiel alle Beförderungen innerhalb eines Tages ausgeführt werden.

Für die Ermittlung der einzelnen Faktoren in den obigen Formeln gilt zusätzlich folgendes.

Kosten der Lager

Die Kosten des Bestandes sind jeweils den lagernden Mengen proportional. Fixe Kosten variieren von Lager zu Lager, da an jedem unterschiedliche Lagermittel eingesetzt werden.

Die Kosten für periphere Bewegungsvorgänge bei den einzelnen Lagern werden wie folgt errechnet:

$$\text{Werklager } i \quad L1P_i = a1_i \cdot m1_i$$

$a1_i$ = Beladerate pro Gewichtseinheit beim Werklager i

$m1_i$ = eingeladene Menge beim Werklager i

$$\text{Zentrallager: } L2P = a2_e \cdot m2_e + a2_b \cdot m2_b$$

$a2_e$ = Entladerate pro Gewichtseinheit

$m2_e$ = Entlademenge

$a2_b$ = Beladerate pro Gewichtseinheit (darin enthalten ist auch ein Satz für das Zusammenstellen der Güter)

$m2_b$ = Belademenge

$$\text{Gebietslager } j; L3P_j = a3e_j \cdot m3e_j + a3b_j \cdot m3b_j$$

$a3e_j$ = Entladerate pro Gewichtseinheit beim Gebietslager j

$m3e_j$ = Entlademenge beim Gebietslager j

$a3b_j$ = Beladerate pro Gewichtseinheit beim Gebietslager j

$m3b_j$ = Belademenge beim Gebietslager j

Beim ZL werden für die Beladerate pro Gewichtseinheit unterschiedliche Werte angesetzt, je nachdem, ob die Ware zu einem Großkunden oder Gebietslager verschickt wird bzw. schnell oder sich langsam umschlagende Erzeugnisse geladen werden. Großkunden erhalten die Güter mit kleineren Transportmitteln als die Gebietslager; daher fallen für beide unterschiedliche Beladeraten an. Sich schnell umschlagende Erzeugnisse werden in der Regel auf Paletten weitertransportiert, während langsam sich umschlagende Erzeugnisse im allgemeinen umsortiert und umgepackt werden müssen. Für letztere sind daher in der Regel umfangreichere Arbeiten auszuführen.

Für die Beladerate a2b wird daher angesetzt:

- a2bgs Beladerate pro Gewichtseinheit für schnell
sich umschlagende Erzeugnisse für Großkunden
- a2bgl Beladerate pro Gewichtseinheit für langsam
sich umschlagende Erzeugnisse für Großkunden
- a2bls Beladerate pro Gewichtseinheit für schnell
sich umschlagende Erzeugnisse für Gebietslager
- a2bll Beladerate pro Gewichtseinheit für langsam
sich umschlagende Erzeugnisse für Gebietslager

An den Gebietslagern wird ebenfalls bei der Beladerate unterschieden zwischen Belieferung an Groß- oder Kleinkunden bzw. schnell und langsam sich umschlagende Erzeugnisse, da jeweils ein unterschiedlicher Arbeitsaufwand anfällt.

Für die Beladerate a3b_j wird angesetzt:

- a3bgs_j Beladerate pro Gewichtseinheit für schnell
sich umschlagende Erzeugnisse an Großkunden
- a3bgl_j Beladerate pro Gewichtseinheit für langsam
sich umschlagende Erzeugnisse an Großkunden
- a3bks_j Beladerate pro Gewichtseinheit für schnell
sich umschlagende Erzeugnisse an Kleinkunden
- a3bkl_j Beladerate pro Gewichtseinheit für langsam
sich umschlagende Erzeugnisse an Kleinkunden

Entsprechend den Beladeraten sind auch die Belademengen am ZL und den Gebietslagern entsprechend aufzuteilen.

Überdies ist zu beachten, daß die Beladeraten an den einzelnen Gebietslagern j jeweils unterschiedlich hoch sind, da überall andere Verhältnisse vorliegen.

Kosten der Transporte

Für alle Transporte von den Werklagern zum ZL, vom ZL zu den Gebietslagern bzw. den Großkunden sind unterschiedlich lange Wege zurückzulegen. Das Modell hat

für jeden einzelnen Weg Frachtraten je Gewichtseinheit gespeichert. Es errechnet die Transportkosten als Produkt zwischen den jeweiligen Frachtraten und den transportierten Mengen. Es gilt z. B.

Transport Werklager - ZL

$$T1_1 = f1_1 \cdot m1_1$$

$f1_1$ = Frachtrate je Gewichtseinheit für den Transport Werklager 1 zum ZL

$m1_1$ = vom Werklager 1 zum ZL beförderte Menge (ausgedrückt durch das Gewicht)

Transporte ab ZL

Bei den Transporten vom ZL zu den Großkunden müssen die Güter dort abgeladen werden. In den Transportkosten sind daher auch Entladekosten¹⁾ enthalten. Hier gilt:

Transporte ZL - Gebietslager j

$$T2L_j = f2_j \cdot m2_j$$

$f2_j$ = Frachtrate je Gewichtseinheit für den Transport ZL zum Gebietslager j

$m2_j$ = vom ZL zum Gebietslager j beförderte Menge (ausgedrückt durch das Gewicht)

1) Die Entladekosten beim Gebietslager sind in den Kosten für periphere Bewegungsvorgänge am Gebietslager enthalten.

Transporte ZL - Großkunden k im Gebiet j

$$T2K_{kj} = T2KF_{kj} + T2KE_{kj}$$

$$T2KF_{kj} = f2_{kj} \cdot m2_{kj}$$

$$T2KE_{kj} = e2_{kj} \cdot m2_{kj}$$

$$T2KF_{kj} = \text{Frachtkosten vom ZL} \\ \text{zum Großkunden k im} \\ \text{Gebiet j}$$

$$T2KE_{kj} = \text{Entladekosten beim} \\ \text{Großkunden k im Ge-} \\ \text{biet j}$$

$$f2_{kj} = \text{Frachtrate je Gewichts-} \\ \text{einheit für den Trans-} \\ \text{port ZL zum Großkunden} \\ \text{k im Gebiet j}$$

$$m2_{kj} = \text{vom ZL zum Großkunden} \\ \text{k im Gebiet j beförderte} \\ \text{Menge (ausgedrückt durch} \\ \text{das Gewicht)}$$

$$e2_{kj} = \text{Entladerate je Gewichts-} \\ \text{einheit beim Großkun-} \\ \text{den k im Gebiet j}$$

Transporte ab Gebietslager

Die Kosten für die Transporte von den Gebietslagern zu den Kunden setzen sich aus fixen und variablen Anteilen zusammen. Für die Errechnung der variablen Anteile gilt:

$$T3V_j = f3_j \cdot m3_j$$

$$f3_j = \text{Frachtrate je Gewichts-} \\ \text{einheit für Transporte} \\ \text{im Gebiet j}$$

$$m3_j = \text{im Gebiet j beförderte} \\ \text{Mengen (ausgedrückt durch} \\ \text{das Gewicht)}$$

In den Frachtraten der Gebietslager sind auch die Entladeraten bei Kunden enthalten.

Großkunden beziehen, auch wenn sie ab Gebietslager beliefert werden, größere Mengen als Kleinkunden. Werden sie ausschließlich bedient, kann die Ware schneller ausgeliefert werden und es sind im Durchschnitt kürzere Wege zurückzulegen. Es wird daher bei den Frachtraten zwischen Auslieferungen an Groß- und Kleinkunden unterschieden.

Für $f3_j$ wird angesetzt:

$f3g_j$ = Frachtrate je Gewichtseinheit für Transporte an Großkunden im Gebiet j

oder

$f3k_j$ = Frachtrate je Gewichtseinheit für Transporte an Kleinkunden im Gebiet j

Entsprechend den Frachtraten werden auch die Mengen unterteilt.

Wenn das Modell die Kosten der gesamten Simulationsperiode errechnet hat, können außer diesen auch alle als Zwischenergebnis ermittelten Daten ausgedruckt werden. Die mögliche Datenausgabe ist daher bei dem Simulationsmodell sehr mannigfaltig und umfangreich.

524.23 Ermittlung der Daten für das Modell

Sollen die Vorgänge von einem Simulationsmodell so abgebildet werden, wie sie in Wirklichkeit ablaufen, sind viele Daten zu berücksichtigen. Diese sind, bevor das Experimentieren beginnt, zu ermitteln und in das Modell einzugeben. Diese Datenermittlung erfordert umfangreiche Datenreduktionen, -analysen und -schätzungen.

Vielfältige Vorarbeiten sind insbesondere nötig, um das Orderverhalten der Kunden abzubilden. Soll dabei die Auftragserteilung so wiedergegeben werden, wie sie in Zukunft anfallen wird, sind detaillierte Schätzungen erforderlich. Meist wird man, bevor

man mit den Schätzungen über das Verhalten in Zukunft beginnt, das Orderverhalten in der Vergangenheit genau untersuchen. Dabei ist vorteilhaft, wenn diese Daten auf Datenträgern gespeichert sind, die von einer Datenverarbeitungsanlage gelesen und ausgewertet werden können.

Außer dem Orderverhalten der Kunden benötigt das Modell noch viele Konstanten (bzw. Parameter) über die Kostenraten der peripheren Bewegungsvorgänge bei jedem Lager sowie Frachtraten für alle Transportwege. Auch zur Gewinnung dieser Daten fallen umfangreiche Vorarbeiten an. Außerdem müssen die fixen Kosten vorab ermittelt werden.

Mit einem Simulationsmodell lassen sich die Kosten für eine Ausgestaltungsform der Versandstruktur für einen bestimmten Zeitraum errechnen. Da man für die Entscheidung über die Ausgestaltung der Versandstruktur meist die Kosten mehrerer alternativer Strukturen vergleichen wird, so bedeutet das, daß man in der Regel für mehrere Ausgestaltungsformen ein Simulationsmodell aufstellen wird. Da sich bei alternativen Versandstrukturen die in den einzelnen Lagern umgeschlagenen Mengen sowie die Transportwege ändern, müssen hierbei für jede Alternative zum Teil neue Daten ermittelt werden. Dies gilt insbesondere für die Kostenraten der peripheren Bewegungsvorgänge an den einzelnen Lagern sowie die Frachtraten für jeden Transportweg.

53 Beurteilung der nicht quantifizierbaren Wirkungen

Der größte Teil der durch die Aufnahme eines ZL entstehenden Wirkungen im Hinblick auf die Ziele Erhöhung der Lieferbereitschaft und Senkung der Kosten ist durch quantitative Größen ausdrückbar. Dies gilt vor allem für die durch Kosten erfaßbaren Konsequen-

zen. Diese lassen sich - wie wir sahen - in mathematischen Modellen berücksichtigen.

Daneben entstehen jedoch auch Wirkungen, die nur sehr schwer oder kaum quantifizierbar sind.

Dazu gehören vor allem die langfristigen Wirkungen. Für diese sind häufig nur noch relativ ungenaue Kostenvorhersagen möglich.

Ebenfalls schwer quantifizierbar sind die Wirkungen der Kommunikation sowohl auf die Kosten als auch auf die Lieferbereitschaft.

Dies gilt vor allem für die Wirkungen, die sich ergeben, wenn die Bestandsführung bei Aufnahme eines ZL dort auch zentral durchgeführt wird.

Bei allen diesen kaum oder nur schwer quantifizierbaren Wirkungen kann man einerseits versuchen, sie durch Schätzwerte auszudrücken. Sie können dann weitgehend in den mathematischen Modellen berücksichtigt werden.

Daneben besteht jedoch auch die Möglichkeit, diese Wirkungen zusätzlich verbal zu erfassen und anzugeben. Da die einzelnen Wirkungen meist unterschiedliche Bedeutung besitzen, kann man zur Erhöhung der Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit außerdem eine Gewichtung mit Hilfe einer Punktbewertung vornehmen.

6 Entscheidung über die Aufnahme eines Zentrallagers

Die hier bisher durchgeführte Untersuchung gehört innerhalb des Entscheidungsprozesses ausschließlich zur Entscheidungsvorbereitung. An diese schließt sich die Entscheidungsfällung mit dem eigentlichen Wahlakt an. Bei diesem muß sich die Unternehmung festlegen, ob künftig die Verteilung der Fertigfabrikate mit einer Versandstruktur mit ZL oder durch eine andere alternative Struktur vorgenommen wird.

Die Entscheidungsvorbereitung bildet die Grundlage für diese eigentliche Entscheidung. Ihre Güte hängt sehr stark von der Qualität der Entscheidungsvorbereitung ab.

Im Rahmen der Entscheidungsfällung wird man eine vergleichende Betrachtung der zur Auswahl stehenden Gestaltungsformen der Versandstruktur vornehmen. Man wird eine Rangordnung aufstellen unter Berücksichtigung

der quantifizierbaren Wirkungen, zu deren Erfassung Ermittlungs- und/oder Simulationsmodelle herangezogen werden und

der nicht oder nur schwer quantifizierbaren Wirkungen, die sich verbal oder mit Hilfe einer Punktbewertung erfassen lassen.

Nach dieser vergleichenden Betrachtung erfolgt der eigentliche Entschluß, d. h. das Festlegen für die künftige Gestaltungsform der Versandstruktur. Darüber können hier aus der Natur der Sache heraus keine näheren Ausführungen gemacht werden.

An die Entscheidungsfällung schließt sich später die Realisation der gewünschten Versandstruktur an.

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

<u>I. Abbildungen</u>	Seite
1 Reichweite von Versand und "Physical Distribution" bei Einschaltung eines Absatzmittlers	5
2 Weg eines Sachgutes durch die Versandstruktur	11
3 Mögliche Gestaltungsform einer Versandstruktur	13
4 Untersuchte Versandstruktur mit Zentrallager	23
5 Versandstruktur mit Zentrallager vom Typ I	25
6 Versandstruktur mit Zentrallager vom Typ II	25
7 Aufgaben der Unternehmensführung und Führungsprozeß	31
8 Komponenten der Lieferzeit	36
9 Beziehungen zwischen Erzeugnissen und Umsatz	48
10 Versandstrukturen mit Zentrallager und Vergleichsstrukturen	53
11 Bestandsentwicklung bei Fertigung oder Transport in Losen und gleichmäßigem Abfluß	61
12 Saisonale Schwankungen der Nachfrage und Lager verursachende Anpassungsmöglichkeiten der Fertigung	61
13 Funktion des Sicherheitsbestandes	64
14 Beispiel für Schwankungen der wöchentlichen Nachfrage in einem Jahr	65
15 Häufigkeitsverteilung der Nachfrage	67
16 Höhe des Sicherheitsbestandes bei verschiedenen Verfügbarkeitsgraden	68
17 Beispiele für verschiedene Spannweiten der Nachfrage	71
18 Zusammenhang zwischen Sicherheitsbestand und Lieferfrist	72
19 Wirkungen der Zahl der Lagerorte auf den Sicherheitsbestand	80
20 Abhängigkeit des Grundbestandes von der Kommunikation	83
21 Beispiel für den Vergleich von Einzeltransporten und Tourenverbindungen	89
22 Beispiel für Mengenströme in den Versandstrukturen mit Zentrallager und den Vergleichsstrukturen	94
23 Modellgebiete für die Typen I, Ia und Ib zur Untersuchung der Transportentfernungen	98

	Seite
24 Durchschnittliche Entfernungen zwischen Fertigungs- stätten und Abnehmer in den Typen I, Ia und Ib bei Auslieferung mit Einzeltransporten	100
25 Durchschnittliche Entfernung ab Lagerstufe 2 bei den Typen I und Ia abhängig von der Zahl der bei einer Rundreisetur Belieferten	101
26 Durchschnittlich zurückzulegende Entfernung zwi- schen Werklager und Abnehmer bei den Typen Ia, Ia und Ib unter Berücksichtigung der bei einer Rund- reisetur Belieferten	102
27 Durchschnittliche Entfernungen zwischen Werklager und Abnehmer bei Typ I und Ia unter Berücksichti- gung der Zahl der bei einer Rundtour Belieferten bei alternativen Standorten der Fertigungsstätten	104
28 Modellgebiete für die Typen II, IIa und IIb zur Untersuchung der Transportentfernungen	107
29 Durchschnittliche Entfernung zwischen Fertigungs- stätten und Gebietslagern in den Typen II, IIa und IIb bei unterschiedlichen Standorten der Fertigung	108
30 Modellgebiet bei dem der Standort der Lager der Versandstruktur vom Typ IIa in den Mengenschwer- punkt unter Berücksichtigung der Fertigungsstätten und Abnehmer gelegt wurde	109
31 Skizze der Bereiche und des Flusses der Sachgüter an einem Lagerort	111
32 Kosten je Kapazitätseinheit bei unterschiedlichen Fahrzeugkapazitäten	125
33 Gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Komponenten	136
34 Einfluß der Nebenbedingungen auf die Komponenten	138
35 Hauptkostenarten der einzelnen Komponenten der Versandstruktur	154
36 Vorgehensweise bei der Erstellung eines Ermittlungs- modells	155
37 Flußdiagramm des Simulationsmodells	169
38 Abbildung des Orderverhaltens einer Kundenklasse für eine Erzeugnisklasse in einem Verkaufsgebiet	174

II. Tabellen

Seite

1 Sicherheitsbestand bei verschiedenen Verfügbarkeits-	
graden bei standardisierter Normalverteilung	68
2 Häufigkeitsverteilung der wöchentlichen Nachfrage	70
3 Lagerbestand bei unterschiedlichem Verfügbarkeits-	
grad	71
4 Grundbestand und Durchschnittsbestand bei zwei	
Lagerorten und unterschiedlicher Belieferung	75
5 Fehlmengen bei schwankender Nachfrage und Haltung	
lediglich des Grundbestandes an einem Lagerort	77
6 Fehlmengen bei schwankender Nachfrage und Haltung	
lediglich des Grundbestandes an zwei Lagerorten	78

Zeitschriften-Abkürzungsverzeichnis

HBR	Harvard Business Review
HdW	Handbuch der Wirtschafts- wissenschaften
MSc	Management Science
ZfB	Zeitschrift für Betriebs- wirtschaft
ZfbF	Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung
ZfhF	Schmalenbachs Zeitschrift für handelswirtschaftliche Forschung (seit 1965: Schma- lenbachs Zeitschrift für be- triebswirtschaftliche For- schung [ZfbF])
ZfürO	Zeitschrift für Organisation

Literaturverzeichnis

I. Bücher und selbständige Schriften

- Albach, H.: Wirtschaftlichkeitsrechnung bei unsicheren Erwartungen, Köln und Opladen 1959
- Alewell, K.: Der Markenartikel im Export, Anwendbarkeit und Formen des Markenartikelvertriebs, Wiesbaden 1959
- Angermann, A.: Entscheidungsmodelle, Frankfurt 1963
- Barrett, D. A.: Automatic Inventory Control Techniques, London 1969
- Batzner, E., Laumer, H.: Neue Vertriebswege in Industrie und Handel, München 1963
- Behrens, K. Chr.: Allgemeine Standortbestimmungslehre, Köln und Opladen 1961
- Bidlingmaier, J.: Unternehmensziele und Unternehmerstrategien, Wiesbaden 1964
- Bleicher, K.: Zentralisation und Dezentralisation von Aufgaben in der Organisation der Unternehmungen, Berlin 1966
- Bleicher, K.: Zur Organisation von Entscheidungsprozessen, in: Zielprogramm und Entscheidungsprozeß in der Unternehmung, Schriften zur Unternehmensführung, Bd. 11, Hrsg.: H. Jacob, Wiesbaden 1970
- Bloech, J.: Optimale Industriestandorte, Methoden zu ihrer Bestimmung, Würzburg, Wien 1970
- Bowersox, D. J., Smykay, E. W., La Londe, B. J.: Physical Distribution Management, Logistics Problems of the Firm, New York, London 1968
- Bowersox, D. J., La Londe, B. J., Smykay, E. W. (eds.), Readings in Physical Distribution Management, The Logistics of Marketing, London 1969

- Briggs, A. J.: Warehouse Operations Planning and Management, 3. print, New York 1966
- Brunnberg, J.: Optimale Lagerhaltung bei ungenauen Daten, Wiesbaden 1970
- Buddeberg, H.: Betriebslehre des Binnenhandels, Wiesbaden 1959
- Busacker, R. G., Saaty, T. L.: Endliche Graphen und Netzwerke, München, Wien 1968
- Castan, E.: Typologie der Betriebe, Stuttgart 1963
- Chorafas, D. N.: Systems and Simulation, New York, London 1965
- Clar, P.: Die Kapazitätsnutzung in der Industrieunternehmung, Berlin 1964
- Cordes, W.: Die Lagerhaltung in der Grundstoffindustrie, Diss., Berlin 1933
- Dinkelbach, W.: Sensitivitätsanalysen und parametrische Programmierung, Berlin, Heidelberg, New York 1969
- Dinkelbach, W.: Zum Problem der Produktionsplanung im Ein- und Mehrproduktunternehmen, Würzburg, Wien 1964
- Drucker, P. F.: Praxis des Management, 6. Aufl., Düsseldorf, Wien 1969
- Ellersiek, K.: Materialflußkosten im Betrieb, Erfassung der Transport- und Lagerkosten, Wiesbaden 1958
- Engels, W.: Betriebswirtschaftliche Bewertungstheorie im Licht der Entscheidungstheorie, Köln und Opladen 1962
- Fackelmeyer, A.: Materialfluß, Planung und Gestaltung, Düsseldorf 1966
- Fischer, K. P.: Industrielle Vertriebskostenrechnung, Stuttgart 1963
- Forrester, J. W.: Industrial Dynamics, 3. printing, Cambridge, Massachusetts, 1964

- fördern und heben: Förderwesen im Lager, Teil 2, Fachberichte, Bd. 9, Mainz 1963
- Fritsch, E.: Technik im Lagerhaus, Hannover 1965
- Geist, M.: Selektive Absatzpolitik auf der Grundlage der Absatzsegmentrechnung, Stuttgart 1963
- Giesen, G.: Digitale Simulation und stochastische Entscheidungsprozesse, Diss., Köln 1967
- Giesen, K. (Hrsg.): Das automatisierte Lager, Haus der Technik - Vortragsveröffentlichungen, Heft 95, Tagung vom 7. Juni 1966, Ltg.: H. Krippendorf, Essen 1966
- Giesen, K. (Hrsg.): Moderne Lagerplanung, Haus der Technik - Vortragsveröffentlichungen, Heft 204, Vortragsreihe vom 16. Januar 1969, Ltg.: H. Krippendorf, Essen 1969
- Göldner, H.: Ablauforganisation der industriellen Lagerwirtschaft, Berlin 1964
- Göldner, H.: Aufbauorganisation der industriellen Lagerwirtschaft, Berlin 1960
- Grant, R.: Distribution Management, London 1968
- Griem, H.: Der Prozeß der Unternehmensentscheidung bei unvollkommener Information, Berlin 1968
- Grochla, E.: Materialwirtschaft, Wiesbaden 1958
- Gross, H.: Neues Wirtschaftsdenken, Erfolg durch Marketing, Düsseldorf, Wien 1967
- Grundmann, W., Holdhaus, R., Kind, G. und andere: Mathematische Methoden zur Standortbestimmung, Berlin 1967
- Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, 1. Bd., Die Produktion, 14. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York 1968

- Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, 2. Bd., Der Absatz, 10. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York 1967
- Hadley, G., Whitin, T. M.: Analysis of Inventory Systems, Englewood Cliffs, N. J., 1963
- Hanssmann, F.: Operations Research in Production and Inventory Control, New York, London 1962
- Hax, H.: Die Koordination von Entscheidungen, Köln, Berlin, Bonn, München 1965
- Heider, M.: Simulation zur Risikoanalyse für Investitionsplanungen, Diss., Bonn 1969
- Heinen, E.: Das Zielsystem der Unternehmung, Wiesbaden 1966
- Heiner, H. A.: Die Rationalisierung des Förderwesens in Industriebetrieben, Berlin 1961
- Henn, R., Künzi, H. P.: Einführung in die Unternehmensforschung I, Berlin, Heidelberg, New York 1968
- Henzel, F.: Lagerwirtschaft, Essen 1950
- Henzler, R.: Betriebswirtschaftslehre des Außenhandels, I. Teil, Wiesbaden 1962
- Heskett, J. L., Ivie, R. M., Glaskowsky, N. A.: Business Logistics, Management of Physical Supply and Distribution, New York 1964
- Hessenmüller, B.: Die leistungsgerechte Verrechnung der Vertriebskosten, Schriftenreihe der Rationalisierungsgemeinschaft Industrieller Vertrieb und Einkauf, Heft 4, Hamburg, Berlin, Düsseldorf 1961
- Hessenmüller, B.: Kosten- und Erfolgsrechnung im industriellen Vertrieb, Baden-Baden, Bad Homburg v. d. H. 1966

- Hilger, P.: Paletten. Beförderungsbedingungen, Einsatzbereiche, Umschlagsgerate, Wiesbaden 1965
- Hochstädter, D.: Stochastische Lagerhaltungsmodelle, Berlin, Heidelberg, New York 1969
- Illetschko, L. L.: Betriebswirtschaftliche Probleme der Verkehrswirtschaft, Wiesbaden 1959
- Illetschko, L. L.; Innerbetrieblicher Transport und betriebliche Nachrichtenübermittlung, Stuttgart 1962
- Illetschko, L. L.: Transport-Betriebswirtschaftslehre, 2. Aufl., Wien, New York 1966
- Institut für Datenverarbeitung Dresden (Hrsg.): Mathematische Modelle und Verfahren der Unternehmensforschung für die Lösung ökonomischer Probleme, Köln und Opladen 1968
- Jándy, G.: Optimale Transport- und Verkehrsplanung, Anwendung der mathematischen Programmierung, Würzburg 1967
- Jentsch, W.: Digitale Simulation kontinuierlicher Systeme, München, Wien 1969
- Jöhnk, M. D.: Lagerbestandsplanung für ein zyklisches Bestellverfahren, Würzburg 1967
- Kadlec, V., Vodáček, L.: Lineare Optimierung im Transportwesen, Köln und Opladen 1968
- Kaps, K. H.: Die Bedeutung der Lagerhaltung für die Produktionsplanung in Industriebetrieben, Köln und Opladen 1965
- Kern, W.: Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung, Köln und Opladen 1962

- Koller, H.: Simulation und Planspieltechnik, Wiesbaden 1969
- Kosiol, E. (Hrsg.): Organisation des Entscheidungsprozesses, Berlin 1959
- Kosiol, E.: Organisation der Unternehmung, Wiesbaden 1962
- Koxholt, R.: Die Simulation, ein Hilfsmittel der Unternehmensforschung, München, Wien 1967
- Kramer, R.: Information und Kommunikation, Betriebswirtschaftliche Bedeutung und Einordnung in die Organisation der Unternehmung, Berlin 1965
- Krippendorf, H.: Integrierter Materialfluß, München 1965
- Krippendorf, H.: Wirtschaftlich Lagern, München 1969
- Kroeber Riel, W.: Beschaffung und Lagerung, Wiesbaden 1966
- Krug, H.: Zur Anwendung mathematischer Programmierungsverfahren auf die Bestimmung wirtschaftlich optimaler Investitionsvorgänge, Diss., Gießen 1969
- Lahde, H.: Neues Handbuch der Lagerorganisation und Lagertechnik, München 1967
- Laumer, H.: Die Lagerhaltung des Handels in volkswirtschaftlicher und betriebswirtschaftlicher Sicht, Berlin, München 1965
- Lechner, K.: Verkehrsbetriebslehre, Stuttgart 1963
- Locklin, D. P.: Economics of Transportation, 6. ed., Homewood, Ill., 1966
- Magee, J. F., Boodman, D. M.: Production Planning an Inventory Control, 2. ed., New York, St. Louis, San Francisco, Toronto, London, Sydney 1967

- Magee, J. F.: Physical Distribution Systems, New York, St. Louis, San Francisco, Toronto, London, Sydney 1967
- Mann, G.: Die Wahl des inländischen Absatzweges in der Verbrauchsgüterindustrie, Diss., Mannheim 1959
- Martin, F. F.: Computer Modeling and Simulation, New York, London, Sydney 1968
- Marx, W.: Absatzmengen und Losgrößenbestimmung im Sortenbetrieb, Meisenheim 1966
- Meier, R. C., Newell, W. T. und Pazer, H. L.: Simulation in Business and Economics, Englewood Cliffs, New Jersey, 1969
- Mertens, P.: Industrielle Datenverarbeitung, Wiesbaden 1969
- Mertens, P.: Simulation, Stuttgart 1969
- Meyhak, H.: Betriebswirtschaftliche Lagerbestandsplanung im automatisierten Betrieb, Probleme der Materialdisposition (Vortrag auf dem Dt. Ingenieurtag 1966 in Berlin), Düsseldorf 1966
- Mize, J. E., Cox, J. G.: Essentials of Simulation, Englewood Cliffs, New Jersey, 1968
- Mossman, F. H., Morton, N.: Logistics of Distribution Systems, Boston 1965
- Müller, P.: Moderne Lagerverwaltung, München 1966
- Müller, W.: Die Simulation betriebswirtschaftlicher Informationssysteme, Wiesbaden 1969
- Müller-Merbach, H.: Die Bestimmung optimaler Losgrößen bei Mehrproduktfertigung, Diss., Darmstadt 1962
- Müller-Merbach, H.: Operations Research, Berlin, Frankfurt 1969
- Müller-Merbach, H.: Optimale Reihenfolgen, Berlin, Heidelberg, New York 1970

- Naddor, E.: Inventory Systems, New York, London, Sydney 1966
- Pack, L.: Optimale Bestellmenge und optimale Losgröße. Zu einigen Problemen ihrer Ermittlung, Wiesbaden 1964
- Popp, W.: Einführung in die Theorie der Lagerhaltung, Berlin, Heidelberg, New York 1968
- Precht, G. M.: Selbstkosten-Berechnungen für den Güterverkehr mit Kraftfahrzeugen (Alsfelder Gutachten), 4. Aufl., Nürnberg 1963
- Räuscher, H.: Lagerpolitik im industriellen Betrieb, Diss., TU Berlin 1959
- Reichmann, R.: Die Abstimmung von Produktion und Lager bei saisonalem Absatzverlauf, Köln und Opladen 1968
- Richter, K. J.: Transportökonomie. Ökonomisch-mathematische Modelle im Transportwesen, Berlin 1966
- Riehm, K.: Vergleich der Standorttheorien, Diss., Göttingen 1968
- Röper, C.: Lagergestaltung und Lagerhäuser, Düsseldorf 1963
- Röper, C.: Palettenpool, Organisation und wirtschaftliche Bedeutung, 2. Aufl., Düsseldorf 1963
- Röper, C.: Voraussetzungen für die Güterbewegung und -steuerung im Hinblick auf automatische Zentrallager, Fortschritt Berichte, VDI Zeitschrift, Düsseldorf 1966
- Rüschpöhler, H.: Der Standort industrieller Unternehmungen als betriebswirtschaftliches Problem, Versuch einer betriebswirtschaftlichen Standortlehre, Berlin 1958
- Rummel, K.: Einheitliche Kostenrechnung, 3. Aufl., Düsseldorf 1967

- Schäfer, E.: Die Aufgabe der Absatzwirtschaft, 2. Aufl., Köln 1950
- Schlüter, H.: Untersuchung zum Problem der optimalen Losgröße, Diss., Frankfurt 1958
- Schmidt-Sudhoff, U.: Unternehmerziele und unternehmerisches Zielsystem, Wiesbaden 1967
- Schöpke, M.: Die Selbstkosten deutscher Nutzfahrzeuge, Sonderdruck aus "Lastwagen und Omnibus", Hrsg.: Vereinigte Motor-Verlag GmbH., Stuttgart 1961
- Schulte, H.: Kapitalfreisetzung durch rationelle Lagerhaltung in industriellen Unternehmen, Köln und Opladen 1964
- Sedláček, J.: Einführung in die Graphentheorie, Frankfurt, Zürich 1968
- Sieberts, H.: Bestellung und Lieferung, Köln 1964
- Stern, L. W.: Distribution Channels, Behavioral Dimensions, New York 1969
- Sundhoff, E.: Absatzorganisation, Wiesbaden 1958
- Sussams, J. E.: Industrial Logistics, London and Southampton 1969
- Taff, C. A.: Management of Traffic and Physical Distribution, 4. ed., Homewood, Ill., Nobleton, Ontario, 1968
- Tietz, B.: Bildung und Verwendung von Typen in der Betriebswirtschaftslehre, dargelegt am Beispiel der Typologie der Messen und Ausstellungen, Köln und Opladen 1960
- Trux, W. R.: Einkauf und Lagerdisposition mit Datenverarbeitung, Bedarf, Bestand, Bestellung, Wirtschaftlichkeit, München 1968
- Ulrich, H.: Die Unternehmung als produktives soziales System, Bern, Stuttgart 1968

- Weber, H. K.: Der Absatzmarkt der industriellen Unternehmung, Formen und Typen, Köln und Opladen 1969
- Weinhold, H.: Optimaler Standort von Auslieferungslagern, Bern 1961
- Wentworth, F. R. L. (editor): Physical Distribution Management, London 1970
- Wiese, H.-U.: Die Struktur industrieller Versandlagersysteme unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit, Freiburg i. Br. 1968
- Winkler, D.: Die kurzfristige Abstimmung zwischen Produktion und Lagerung unter besonderer Berücksichtigung des Lagerbereiches, Diss., Saarbrücken 1964
- Wittmann, W.: Unternehmung und unvollkommene Information, Köln und Opladen 1959
- Wong, Y.: Simulation of a Distribution System, Dissertation Graduate School of Business Administration, New York University, 1968
- Zimmermann, H.-J.: Mathematische Entscheidungsfor-
schung und ihre Anwendung auf
die Produktionspolitik, Berlin
1963

II. Beiträge und Aufsätze in Sammelwerken und Zeitschriften

- Albach, H.: Entscheidungsprozeß und Informationsfluß in der Unternehmensorganisation, in: Organisation, TFB- Handbuchreihe, 1. Bd., Hrsg.: E. Schnauffer und K. Agthe, Berlin, Baden-Baden 1961, S. 355 - 402
- Alewell, K.: Ansätze zu einer Konzeption einer ökonomischen Absatztheorie, in: Betriebswirtschaft und Marktpolitik, Festschrift für Rudolf Seyffert zum 75. Geburtstag, Hrsg.: Kosiol, E., Sundhoff, E., Köln und Opladen 1968, S. 1 - 15
- Alewell, K.: Markenartikelvertrieb und Absatzweg, in: ZfhF, N. F., 12. Jg., 1960, S. 605 - 624
- Alewell, K.: Organisation des Absatzes, in: Handwörterbuch der Organisation, Stuttgart 1969, Sp. 30 - 40
- Alewell, K.: Die räumliche Struktur der Unternehmung, in: Betriebswirtschaftliche Strukturfragen, Beiträge zur Morphologie von erwerbswirtschaftlichen Unternehmungen und Genossenschaften, Festschrift zum 65. Geburtstag von Reinhold Henzler, Hrsg.: K. Alewell, Wiesbaden 1967, S. 179 - 197
- Armour, G. C., Buffa, E. S.: A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to relative Location of Facilities, in: MSc, Vol. 9, 1962/1963, S. 294 - 309
- Ballou, R. H.: Dynamic Warehouse Location Analysis, in: Journal of Marketing Research, Vol. V, August, 1968, S. 271 - 276
- Baumol, W. J., Wolfe, P.: A Warehouse Location Problem, in: Operations Research, Vol. 6, 1958, S. 252 - 263

- Berg, R.: Feasibility, in: Industrielle Organisation, 37. Jg., 1968, S. 269 - 275
- Berg, R.: Methodik der Lagerplanung, in: Industrielle Organisation, 37. Jg., 1968, S. 7 - 12
- Berman, E. B.: Monte Carlo Determination of Stock Redistribution, in: Research 10, 1962, S. 500 - 506
- Bleicher, K.: Die Entwicklung eines systemorientierten Führungsmodells der Unternehmung, in: ZfürO, 39. Jg., 1970, S. 3 - 8
- Boretzky, W.: Günstige Flächenaufteilung bei Palettenlagern, in: fördern und heben, 19. Jg., 1969, S. 1011 - 1013
- Bowersox, D. J.: Changing Channels in the Physical Distribution of Finished Goods, in: Readings in Physical Distribution Management, editors: Bowersox, D. J., La Londe B. J., Smykay, E. W., London 1969, S. 94 - 103
- Bowersox, D. J.: Distribution Logistics: The Forgotten Marketing Tool, in: Readings in Physical Distribution Management, editors: Bowersox, D. J., La Londe, B. J., Smykay, E. W., London 1969, S. 69 - 73
- Bowersox, D. J.: Emerging Patterns of Physical Distribution Organisation, in: Readings in Physical Distribution Management, editors: Bowersox, D. J., La Londe, B. J., Smykay, E. W., London 1969, S. 275 - 281
- Buddeberg, H.: Absatz und Absatzorganisation, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Bd. 1, 3. Aufl., Stuttgart 1956, Sp. 30 - 38
- Burckhardt, W.: Zur Optimierung von räumlichen Zuordnungen, in: Ablauf und Planungsforschung, 10. Jg., 1969, S. 233 - 248

- Chmielewicz, K.: Die Formalstruktur der Entscheidung, in: ZfB, 40. Jg., 1970, S. 239 - 268
- Clarke, G., Wright, J. W.: Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points, Operations Research, Vol. 12, 1964, S. 568 - 581
- Dammertz, P., Möller, O.: Das erste große Zentrallager in Deutschland mit on-line rechnergesteuerter Regalbedienung, in: fördern und heben, 20. Jg., 1970, S. 17 - 23
- Dreyhaupt, E.: Das Zentral-Ersatzteillager der Deutschen Lufthansa, in: fördern und heben, 15. Jg., 1965, S. 819 - 823
- Drucker, P. F.: The Economy's Dark Continent, in: Fortune, Vol. 65, April, 1962, S. 103 ff.
- Dzielinsky, B. P., Manne, A. S.: Simulation by an Hypothetical Multi-Item Production and Inventory System, in: Journal of Industrial Engineering, Vol. XII, No. 6, November-December, 1961, S. 417 - 421
- Eagle, A. R.: Distribution of Seasonal Inventory of the Hawaii Pineapple Company, in: Operations Research, Vol. 5, 1957, S. 382 - 396
- Ellersiek, K., Leimeister, E.: Methodenskizze zur betriebswirtschaftlichen Erfassung der Transportkosten, in: ZfB, 24. Jg., 1954, S. 363 - 379
- Engels, W.: Lieferzeit und Lieferzeitpolitik, in: ZfB, 39. Jg., 1969, S. 35 - 46
- Favarger, M.: Automation im Lagerhaus I, Begriffsbestimmung und Entwicklungstrend, gdi-topics, Veröffentlichung des Gottlieb-Duttweiler-Instituts für wirtschaftliche und soziale Studien, Rüschlikon (Schweiz), Sonderteil 2/70, S. 85 - 90

- Favarger, M.: Systematische Lagerplanung, in: Industrielle Organisation, 33. Jg., 1964, S. 509 - 511
- Favarger, M.: Zur Wirtschaftlichkeit moderner Lageranlagen, in: Industrielle Organisation, 37. Jg., 1968, S. 77 - 80
- Fehr, H.: Mechanisiertes Lager, in: Industrielle Organisation, 37. Jg., 1968, S. 32 - 34
- Gerson, M. K., Maffei, R. B.: Technical Characteristics of Distribution Simulators, in: MSc, Vol. 10, No. 1, October, 1963, S. 62 - 69
- Glassey, C. R.: Critical Comments on "Technical Characteristics of Distribution Simulators" by Gerson and Maffei, MSc, Vol. 11, No. 3, January, 1965, S. 488 - 490
- Hahn, D.: Entscheidungsprozeß und Entscheidungstraining bei Anwendung der Fallmethode im betriebswirtschaftlichen Hochschulunterricht, in: ZfbF, 23. Jg. der ZfhF, N. F., 1971, S. 1 - 14
- Hahn, D.: Ergebnisorientierte Planungsrechnung mehrgliedriger Unternehmungen auf der Basis des "Return on Investment" (ROI), in: ZfürO, 38. Jg., 1969, S. 177 - 192
- Hahn, D.: Planung als Instrument der Unternehmensführung, in: Unternehmensführung auf neuen Wegen, Hrsg.: R. W. Stöhr, Wiesbaden 1967, S. 191 - 229
- Hanssmann, F.: Optimal Inventory Location and Control in Production and Distribution Networks, in: Operations Research, Vol. 7, 1959, S. 483 - 498
- Heller, B.: Planung einer Lagerkonzeption, in: Industrielle Organisation, 38. Jg., 1969, S. 261 - 267

- Hennig, K. W.: Lagerwesen, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 3. Bd., 3. Aufl., Stuttgart 1960, Sp. 3670 - 3680
- Hess, C., Fischer, H.: Investitionskosten für Hochlager, in: fördern und heben, 19. Jg., 1969, S. 1018 - 1020
- Hunziker, A.: Dynamische Planung der Sicherheitsbestände in Fabrikationslagern, in: Industrielle Organisation, 35. Jg., 1960, S. 162 - 169
- IBM: Einführungsschrift IMPACT - Wirtschaftliche Lagerhaltung mit wissenschaftlichen Methoden, IBM Form 74 899
- IBM: Lagerdisposition mit MINCOS auf IBM System/360. IBM Form 80630-1
- Jacob, H.: Zur Standortwahl der Unternehmungen, in: Betriebswirtschaftliche Strukturfragen, Festschrift zum 65. Geburtstag von Reinhold Henzler, Hrsg.: K. Alewell, Wiesbaden 1967, S. 233 - 293
- Kamper, P.: Elektronisch gesteuerte Ein- und Auslagerung, in: fördern und heben, 17. Jg., 1967, S. 288 - 292
- Kaps, K. H., Gross-Hardt, E.: Mathematisch-analytische Methoden bei industriellen Lagerhaltungsproblemen, in: Industrielle Organisation, 36. Jg., 1967, S. 1 - 11
- Kaupp, M.: Die optimale Lagerraumausnutzung, in: fördern und heben, 14. Jg., 1964, S. 877 - 879
- Koller, H.: Simulation als Methode in der Betriebswirtschaft, in: ZfB, 36. Jg., 1966, S. 95 - 110
- Kosiol, E., Szyperski, N., Chmielewicz, K.: Zum Standort der Systemforschung im Rahmen der Wissenschaften, in: ZfbF, 17. Jg. der ZfhF, N. F., 1965, S. 337 - 378

- Kosiol, E.: Entscheidung, Information und Prognose, in: Betriebswirtschaft und Marktpolitik, Festschrift für R. Seyffert zum 75. Geburtstag, Hrsg.: E. Kosiol und E. Sundhoff, Köln und Opladen 1968, S. 227 - 289
- Kosiol, E.: Modellanalyse als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen, in: ZfhF, N. F., 13. Jg., 1961, S. 318 - 334
- Krippendorf, H.: Das automatische Lager, Amerikanische Beispiele der Teil- und Voll-Automatisierung, in: fördern und heben, 13. Jg., 1963, S. 831 - 833
- Krippendorf, H.: Die optimale Raumnutzung des Lagers, in: fördern und heben, 15. Jg., 1965, S. 823 - 826
- Krisch, G.: Zentrale Führung und Überwachung der Fertigwarenlager bei dezentralem Vertriebssystem, in: Information, Nr. 42, 1968, S. 10 - 16
- Kuehn, A. A., Hamburger, M. J.: A Heuristic Program for Location Warehouses, in: MSc., Vol. 9, 1963, S. 643 - 666
- Lazer, W.: The Distribution Mix - A Systems Approach, in: Managerial Marketing, Perspectives and Viewpoints, Editors: Kelley, E. J. and Lazer, W., 3rd ed., Homewood, Ill., 1967, S. 526 - 532
- Magee, J. F.: The Logistics of Distribution, in: HBR, Vol. 38, No. 4, 1960, S. 89 - 134
- Marx, A.: Was kosten Flurförderzeuge? in: fördern und heben, 19. Jg., 1969, S. 1026 - 1028
- Mellerowicz, K.: Die Gestaltung industrieller Verbandsysteme als Optimierungsproblem, in: Verantwortliche Betriebsführung, Prof. Dr. G. Fischer zum 70. Geburtstag, Hrsg.: E. Gaugler, Stuttgart 1969, S. 180 - 193

- Müller-Merbach, H.: Modelle der Standortbestimmung, in: Handwörterbuch des Rechnungswesens, Hrsg.: E. Kosiol, Stuttgart 1970, Sp. 1160 - 1168
- Müller-Merbach, H.: Optimale Losgröße bei mehrstufiger Fertigung, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60. Jg., 1965, Heft 3, S. 113 - 118
- Neitzel, H. W.: Stapelgeräte und ihre Bauarten, in: fördern und heben, 16. Jg., 1966, S. 939 - 945
- Nellen, A.: Fördern und Lagern - aktuelle Rationalisierungsaufgaben, in: Industrielle Organisation, 37. Jg., 1968, S. 1 - 6
- Neumann, K.: Ein Bausteinsystem zur Steuerung von Regalbedienungs- und Regalbeschickungsgeräten, in: fördern und heben, 17. Jg., 1967, S. 271 - 275
- Neuschel, R. P.: Physical Distribution - Forgotten Frontier, in: HBR, Vol. 45, No. 2, 1967, S. 125 - 134
- Ohse, D.: Lagerhaltungsmodelle für deterministisch schwankenden Absatz, in: Ablauf- und Planungsforschung, 10. Jg., 1969, S. 309 - 322
- Orth, L.: Die Eignung der Losgrößenformel als Instrument der Produktionsplanung, in: ZfhF, N. F., 13. Jg., 1961, S. 738 - 749
- Popp, W.: Simulationstechnik bei Lagerhaltung mit stochastischer Nachfrage, in: Unternehmensforschung, 7. Jg., 1963, S. 65 - 74
- Rockstroh, O.: Grundlagen des wirtschaftlichen Verpackens von Industriegütern, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 55. Jg., 1960, S. 415 - 418

- Röper, C.: Tagung "Gestalteter Materialfluß" am 10. und 11. Oktober 1963 in Düsseldorf, in: fördern und heben, 14. Jg., 1964, S. 35 - 38
- Sambleben, H.: Lagerflächenberechnung für die Projektierung von Eingangslagern unter Berücksichtigung von Lagerhaltungsmodellen, in: Fertigungstechnik und Betrieb, Berlin (Ost), 19. Jg., 1969, S. 146 - 148
- Schäfer, E.: Absatzwirtschaft, in: HdW, Bd. 1, Betriebswirtschaft, 2. Aufl., Köln und Opladen 1966, S. 277 - 341
- Schmidt, H.: Lagerhaltung und Simulation, in: IBM-Nachrichten, 16. Jg., Heft 176, 1966, S. 17 - 27
- Shycon, H. N., Maffei, R. B.: Remark on the Kuehn-Hamburger Paper, in: MSC., Vol. 9, 1963, S. 667 - 668
- Shycon, H. N., Maffei, R. B.: Simulation - Tool for better Distribution, in: HBR, Vol. 38, No. 6, November-December, 1960, S. 65 - 75
- Skeith, R. W.: A Multilocation Inventory Model, in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. XIX, No. 12, December, 1968, S. 630 - 633
- Stewart, W. M. Physical Distribution: Key to Improved Volume and Profits, in: Journal of Marketing, Vol. 29, January, 1965, S. 65 - 100
- Stewart, W. M., Klee, J.: Physical Distribution - ein neues betriebliches Aufgabengebiet, in: Absatzwirtschaft, 9. Jg., 1966, S. 1704 - 1708
- Stolle, J. F.: How to Manage Physical Distribution, in: HBR, Vol. 45, July-Aug., 1967, S. 93 - 100

- Vallbracht, W.: Entwicklungsrichtungen in der neuzeitlichen Lagertechnik, in: Das automatisierte Lager, Haus der Technik - Vortragsveröffentlichungen, Heft 95, Hrsg.: Prof. K. Giesen, Tagung vom 7. Juni 1966, Ltg.: H. Krippendorf, Essen 1966, S. 5 - 14
- Weber, R.: Integrierte Lagertechnik in einem neuen Zentrallager des Handels, in: fördern und heben, 18. Jg., 1968, S. 913 - 918
- Witte, E.: Analyse der Entscheidung - Organisatorische Probleme eines geistigen Prozesses, in: Organisation und Rechnungswesen, Festschrift für E. Kosiol, Hrsg.: E. Grochla, Berlin 1964, S. 101 - 124
- Zumsteg, E.: Lagerplanung und Lagerungstechnik, in: Industrielle Organisation, 33. Jg., 1964, S. 19 - 27
- O. Verfasser Regalumschlagsgeräte - Bauarten und Benennungen, in: fördern und heben, 17. Jg., 1967, S. 195 - 198

Lebenslauf

Am 2. 1. 1938 wurde ich als Sohn des kaufmännischen Angestellten Albert Lederle und seiner Ehefrau Erika, geb. Rucker, in Stein an der Traun geboren.

Vom September 1944 bis Juli 1949 besuchte ich die Volksschule in Peiting, Bayern. Anschließend wurde ich Schüler der Wirtschaftsoberrealschule in München. Im Sommer 1958 bestand ich an dieser Schule die Reifeprüfung. Von August 1958 bis September 1959 war ich Sachbearbeiter beim Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung in München. Im Oktober 1959 begann ich mit dem Studium der Fachrichtung Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Berlin. Während der Semesterferien arbeitete ich sechs Monate als technischer Praktikant bei der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG (MAN) in Augsburg und zwei Monate als kaufmännischer Praktikant bei der Standard Elektrik Lorenz AG in Berlin. Im Mai 1966 schloß ich das Studium an der Technischen Universität Berlin mit dem Hauptexamen als Diplom-Ingenieur ab. Von Juni bis September 1966 beschäftigte mich Prof. Dr. K. Mellerowicz in Berlin als freier wissenschaftlicher Mitarbeiter. Zwischen Oktober 1966 und Juni 1968 war ich zuerst Assistent der Geschäftsleitung, später Leiter der Abteilung Kostenrechnung bei der Velisch KG in Berlin. Seit dem 1. Juli 1968 bin ich Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre IV bei Prof. Dr. Dietger Hahn an der Justus Liebig-Universität Gießen.

Verordnung

Im Namen des Königs von Preussen
Wir, der König, haben nach Anhörung
des Staatsraths folgende Verordnung
erlassen:
§ 1. Die in der Anlage befindlichen
Verordnungen sind in Kraft zu setzen.
§ 2. Diese Verordnung tritt am 1. April
1874 in Kraft.
Gegeben in Berlin, den 1. März 1874.
König.
Friedrich.

